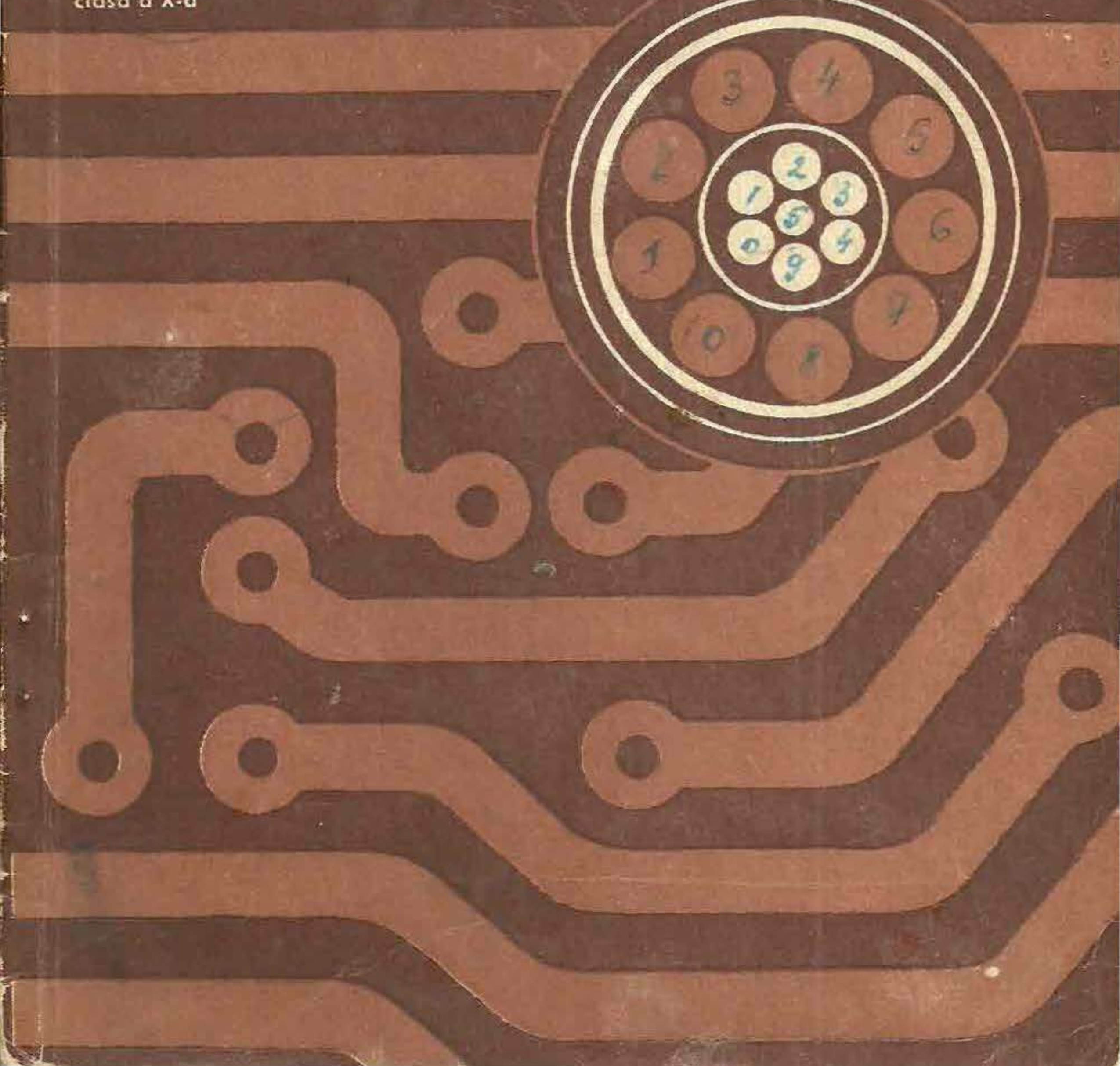
TRAIAN CANESCU
ALEXANDRU IULIAN STAN

# TEHNOLOGIA LUCRĂRILOR ELECTROTEHNICE

Manual pentru licee industriale și de matematică-fizică, cu profiluri de electrotehnică, matematică-fizică, matematică-electrotehnică, aeronautică, filologie-istorie și istorie-geografie, clasa a X-a



Ing. TRAIAN CĂNESCU    Ing. ALEXANDRU IULIAN STAN
profesor grad. II

# TEHNOLOGIA LUCRĂRILOR ELECTROTEHNICE

Manual pentru licee industriale
și de matematică-fizică,
cu profiluri de electrotehnică,
matematică-fizică, matematică-electrotehnică,
aeronautică, filologie-istorie
și istorie-geografie, clasa a X-a

Tehnologia lucrărilor electrotehnice
Manual pt. —

EDITURA DIDACTICĂ ȘI PEDAGOGICĂ, BUCUREȘTI – 1984

CAPITOLUL 1

# CONDUCTOARE ELECTRICE

## A. GENERALITĂŢI

*Pentru transportul energiei electrice*, în construcţia de maşini şi aparate electrice şi în general în industria electrotehnică şi electronică *se foloseşte o mare varietate de tipuri de conductoare şi cabluri.*

La confecţionarea conductoarelor electrice se folosesc metale cu rezistenţă electrică şi coeficient de variaţie a rezistenţei cu temperatura cît mai mici. Materialul conductor poate fi folosit neizolat, sau izolat cu unul sau mai multe straturi de material izolant. Pentru a mări rezistenţa mecanică a conductorului electric acesta este prevăzut cu un înveliş metalic de protecţie mecanică peste care se aşază un înveliş de protecţie împotriva coroziunii.

## B. CLASIFICAREA ŞI CONSTRUCŢIA CONDUCTOARELOR ELECTRICE

### 1. CLASIFICAREA

Criteriul cel mai important de clasificare este **domeniul de utilizare al conductoarelor electrice,** deoarece determină atît gama de tensiuni şi frecvenţe de utilizare cît şi tipul constructiv. Astfel se deosebesc :

— conductoare neizolate şi izolate pentru transportul energiei electrice ;

— conductoare pentru instalaţii fixe şi mobile ;

— conductoare pentru ascensoare ;

— conductoare pentru branşamente la construcţii civile şi industriale ;

— conductoare navale ;

— conductoare pentru exploatări miniere şi petroliere ;

— conductoare pentru autovehicule ;

— conductoare pentru comandă, măsură, semnalizare şi control ;

— conductoare pentru sudarea electrică şi echipamente electrotermice.

Conductoarele electrice folosite în instalaţii pot fi :

— *conductoare monofilare*, la care secţiunea conductorului este formată dintr-un singur fir ;

— *conductoare multifilare*, la care secţiunea conductorului este formată din mai multe fire răsucite sau împletite.

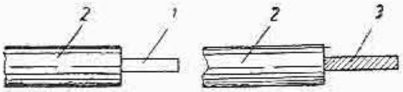



Fig. 1.1. Conductoare izolate :
1 — conductor din cupru monofilar ; 2 — izolaţie PCV ; 3 — conductor din cupru liţat.

2. CONSTRUCŢIA

În instalaţiile electrice se întîlnesc următoarele tipuri constructive de conductoare :

— *conductorul neizolat,* alcătuit din unul sau mai multe fire neizolate, răsucite între ele ;

— *conductorul izolat,* format din unul sau mai multe fire neizolate, răsucite între ele peste care se află o izolaţie, cu sau fără înveliş de protecţie (fig. 1.1 şi 1.2) ;

— *conductorul iozlat, sau cordonul,* constituit din două sau mai multe conductoare izolate, flexibile, răsucite împreună, peste care se aplică învelişuri protectoare ;

— *şnurul,* constituit din două sau mai multe conductoare izolate, flexibile, răsucite între ele (fig. 1.3) ;

— *cablul,* alcătuit din unul sau mai multe conductoare izolate, cuprinse într-o manta etanşă, peste care se aplică învelişuri protectoare (fig. 1.4).

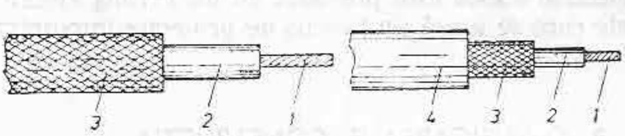



Fig. 1.2. Conductoare ecranate :
1 — conductor din cupru liţat ; 2 — izolaţie ; 3 — tresă metalică ; 4 — manta din PCV.

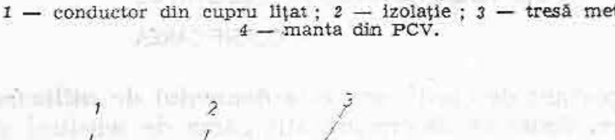



Fig. 1.3. Şnur electric :
1 — conductor multifilar ; 2 — izolaţie de cauciuc ; 3 — împletitură de bumbac.

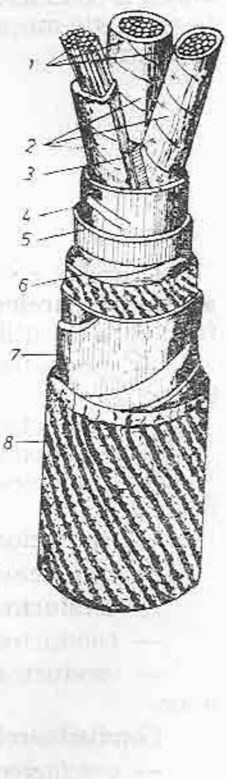



Fig. 1.4. Cablu cu trei conductoare :
1 — toroane (funii) ; 2 — izolaţia toroanelor ; 3 — umplutura din sfoară de hîrtie ; 4 — înveliş comun de hîrtie ; 5 — manta de protecţie de plumb ; 6 — înveliş de iută ; 7 — armătură de protecţie din bandă de oţel ; 8 — înveliş din iută impregnată cu bitum.

## C. MATERIALE FOLOSITE ÎN CONSTRUCŢIA CONDUCTOARELOR ELECTRICE

Materialele folosite în construcţia conductoarelor electrice se clasifică astfel : *materiale conductoare electroizolante, de impregnare, de protecţie.*

## 1. MATERIALE CONDUCTOARE

Pentru fabricarea conductoarelor electrice se folosesc cuprul și aluminiul. Aceste materiale sînt utilizate în stare cît mai pură (minimum 99,95% cupru pur, 99,95% aluminiu), deoarece conținutul de impurități are o mare influență asupra conductivității electrice. Rezistivitatea aluminiului este de 1,65 ori mai mare decît a cuprului, dar greutatea specifică este de 3,3 ori mai mică. Rezistența mecanică a aluminiului este mică, dar el este un metal rezistent la coroziune.

Aceste materiale se folosesc sub formă de sîrme trefilate cu diferite grade de ecruisare (m — moale, 1/2 t — jumătate tare, t— tare), bare, plăci.

Pentru conductoarele aeriene supuse la solicitări mecanice mari se utilizează ca materiale conductoare : bronzul (aliaj pînă la 86% Cu și 14% Sn), alame (aliaj pînă la 72% Cu și 28% Zn) și oțelul.

## 2. MATERIALE ELECTROIZOLANTE ȘI DE PROTECȚIE

Pentru izolația cablurilor și conductoarelor electrice se întrebuințează următoarele materiale izolante :

— **materiale plastice :** policlorvinilul, polietilena, polistirenul, politetrafloretilena, poliamidele ;

— **cauciucuri naturale și sintetice** etc. ;

— **lacuri electroizolante** — silicoorganice (cu siliconi), viniflexul, metalvinilul, poliamidice, poliuretanice, tereftalice, pe bază de ulei, gliptalice, epoxidice etc. ;

— **materiale fibroase** — fire de bumbac, mătase naturală, viscoză, țesături de bumbac, fire de sticlă, azbest, pînză lăcuită etc.

*Izolația poate fi executată în formă de* **înveliș continuu** *sau* **stratificat.**

Materialele utilizate pentru izolarea conductoarelor electrice se caracterizează printr-o *tensiune de străpungere mare*, care să permită folosirea de straturi de izolație de grosime relativ mică, și printr-o *rezistență la îmbătrînire mare*, care să garanteze siguranța în exploatare a conductoarelor.

• **Protejarea cablurilor și conductoarelor electrice împotriva acțiunii mediului ambiant** se realizează cu ajutorul mantalelor etanșe.

*Mantalele etanșe* pot fi confecționate fie din materiale nemetalice (cauciucuri naturale sau sintetice, materiale plastice), fie din materiale metalice (plumb sau aluminiu).

• **Pentru protejarea izolației și a mantalelor etanșe împotriva deteriorărilor** care pot surveni în timpul transportului, depozitării, montării și exploatării cablurilor, peste ele *se aplică învelișuri protectoare sau mantale suplimentare.*

*In funcție de intensitatea și caracterul acțiunilor mecanice și de proprietățile chimice ale mediului ambiant, învelișurile protectoare sînt confecționate din iută, hîrtie, masă bituminoasă, și polivinil, benzi de oțel sau sîrme de oțel zincate.*

• **Protejarea izolației de cauciuc împotriva acțiunii luminii și a unor solicitări mecanice** neînsemnate se realizează cu țesături de bumbac, din fire de oțel, mătase sau fire sintetice aplicate pe izolație. Pentru protejarea izolației de cauciuc împotriva acțiunii uleiului, a benzinei și a ozonului, țesătura de protecție se lăcuiește.

## D. SIMBOLIZAREA

Simbolurile cablurilor sau conductoarelor (STAS 9436-71) trebuie să cuprindă în ordine, cel puțin :

— litera sau grupa de litere din tabelul 1.1 ;

*Tabelul 1.1.*

| Nr. crt. | Denumirea categoriei de cabluri sau conductoare | Prima literă (sau grupă de litere) din simbol* | Numărul standardului |
|---|---|---|---|
| 1 | Cabluri de energie de joasă și medie tensiune | C | STAS 9436/2-73 |
| 2 | Conductoare pentru instalații electrice fixe | F | STAS 9436/3-73 |
| 3 | Cabluri și conductoare pentru instalații electrice mobile | M | STAS 9436/4-73 |
| 4 | Cabluri de semnalizare, comandă și control :<br>— cabluri de semnalizare<br>— cabluri de comandă și control | <br>CS<br>CC | STAS 9436/5-73 |
| 5 | Cabluri și conductoare de telecomunicații | T | STAS 9436/6-73 |

* În cazul utilizării conductoarelor de aluminiu, prima literă este A, urmată de litera sau grupa de litere din tabel.

— simbolurile învelișurilor ce intră în construcția cablurilor (de la conductor spre exterior), conform standardelor indicate în tabel.

Simbolurile pot cuprinde și alte litere, referitoare la domenii de utilizare (la începutul simbolului), precum și la caracteristicile speciale ale unor învelișuri (la sfîrșitul simbolului), ținînd seamă de standardele indicate în tabel, pentru fiecare categorie de cabluri sau conductoare.

• **Cablurile de energie de joasă și medie tensiune** se clasifică în :

— *cabluri cu izolație de cauciuc și manta de plumb ;*

— *cabluri cu izolație de hîrtie impregnată, în manta de plumb ;*

— *cabluri cu izolație de material plastic, în manta de plumb ;*

— *cabluri cu izolație și manta de material plastic.*

Semnificația literelor din simboluri este următoarea :

C — cablu de energie ;

A — conductor de aluminiu (la începutul simbolului) ;

Y — izolație, manta sau înveliș exterior de PCV ;
2Y — izolație, manta sau înveliș exterior de polietilenă ;
H — izolație de hîrtie ;
C — conductor concentric de nul, din cupru (a doua literă C din cuprinsul simbolului) ;
CO — conductor concentric de nul din cupru, aplicat ondulat ;
CE — conductor concentric de nul la cablurile cu mai multe conductoare, aplicat individual peste fiecare conductor ;
S — ecran de cupru ;
E — ecran ;
P — manta de plumb ;
Ab — armătură din sîrmă de oțel ;
Al — armătură din sîrmă lată de oțel ;
Ar — armătură din sîrmă rotundă de oțel ;
I — înveliș exterior de protecție din material fibros impregnat ;
II — înveliș exterior dublu de protecție din material fibros impregnat și bandă din fire de sticlă.

• **Conductoare pentru instalații electrice fixe** se clasifică în :

— *conductoare de joasă și medie tensiune cu izolație de cauciuc ;*
— *conductoare de joasă tensiune cu izolație de material plastic.*
Semnificația literelor din simboluri este următoarea :
F — conductoare pentru instalații fixe ;
P — puncte ;
S — izolație specială ;
p — construcție plată ;
s — suspendare ;
ci — corpuri de iluminat (cînd se utilizează pentru suspendare, nu se mai scrie) ;
C — izolație de cauciuc ;
A — armătură din împletitură de sîrmă de oțel ;
T — împletitură textilă neimpregnată ;
Ti — împletitură textilă impregnată ;
I — rezistent la intemperii ;
f — flexibil ;
ff — foarte flexibil.

• **Cablurile de semnalizare, comandă și control** se clasifică în :

— *cabluri de comandă și control cu izolație de hîrtie în manta de plumb ;*

— *cabluri de semnalizare cu izolație și manta de PCV.*
Semnificația literelor din simboluri este următoarea :
CC — cabluri de comandă și control ;
CS — cabluri de semnalizare.

Denumirile principalelor caracteristici constructive și simbolurile diferitelor tipuri de cabluri și conductoare telefonice sînt cuprinse în tabelul 1.2 (conform STAS 9436-73).

*Tabelul 1.2*

| Denumirea | Descrierea construcției | Simbol |
|---|---|---|
| Conductoare pentru instalații de telecomunicații interioare | a) Două sau trei conductoare de cupru cu izolație de cauciuc, fiecare cu împletitură de bumbac neimpregnată, răsucite împreună | TiCT |
| | b) Două sau trei conductoare de oțel cu izolație de cauciuc, fiecare cu împletitură de bumbac impregnată, răsucite împreună | TiOCTI |
| | c) Conductoare formate din două sau trei conductoare de cupru de izolație PCV, răsucite între ele | TiY |

## VERIFICAREA CUNOȘTINȚELOR

1. Cîte învelișuri metalice de protecție se întîlnesc în construcția conductoarelor ?
   a. Unu.
   b. Două.
   c. Mai multe.
2. Pentru izolația cablurilor se întrebuințează :
   a. materiale plastice ?
   b. materiale fibroase ?
   c. ambele ?
3. Arătați ce fel de cabluri se simbolizează prin : CCPA 1, ACHPAr, CYY, ACYPAbY, FY, FCTiA, CSYArY, TUHPY, TiCT.

CAPITOLUL 2

# APARATE ELECTRICE DE COMANDĂ ŞI PROTECŢIE ÎN INSTALAŢIILE DE JOASĂ TENSIUNE

## A. APARATE PENTRU PROTECŢIA INSTALAŢIILOR ŞI A MAŞINILOR ELECTRICE

### 1. GENERALITĂŢI

Instalaţiile electrice sînt caracterizate, printre altele, prin tensiunea şi curentul nominal, în situaţii normale. Cele mai periculoase abateri sînt creşterile curentului peste valoarea nominală provocate de suprasarcini sau de funcţionarea anormală a consumatorilor din reţea.

**Supracurenţii** *pot fi de foarte scurtă durată, de scurtă durată* sau *de durată.*

- **Supracurenţii de foarte scurtă durată** sînt cauzaţi, în general, de apariţia unor defecte trecătoare, de comutări şi de alte schimbări bruşte din circuit şi nu sînt periculoşi.
- **Supracurenţii de scurtă durată** sînt produşi de scurtcircuite. Urmările lor sînt grave, ei cauzînd aparatelor solicitări termice şi mecanice foarte mari.
- **Supracurenţii de lungă durată** apar datorită încărcărilor prea mari ale motoarelor electrice, datorită funcţionării lor în două faze etc. Ei sînt periculoşi prin solicitările termice pe care le produc ; de aceea trebuie asigurată protecţia împotriva lor prin întreruperea, după un anumit timp, a circuitului.

### 2. SIGURANŢE FUZIBILE

**Siguranţele fuzibile** sînt *aparate cu întrerupere automată, care protejează circuitele de iluminat şi de forţă împotriva efectelor termice şi dinamice produse de curenţii de suprasarcină foarte mari şi scurtcircuit.*

Siguranţele fuzibile au un fir sau o lamelă conductoare, montat în serie cu obiectul protejat. Pînă la o anumită valoare a curentului, elementul fuzibil este astfel calibrat încît nu produce întreruperea continuităţii circuitului. În cazul curenţilor de scurtcircuit şi la suprasarcini mari, materialul din care este confecţionat fuzibilul se topeşte şi întrerupe curentul, realizînd protecţia. După fiecare acţionare, elementul fuzibil topit trebuie înlocuit, conectarea siguranţei (restabilirea curentului) făcîndu-se deci neautomat.

### a. Tipuri de siguranțe fuzibile

**După mediul în care se realizează întreruperea și după soluția constructivă,** diferitele tipuri de siguranțe fuzibile de joasă tensiune se grupează în :

— *siguranțe cu întrerupere în aer* (deschise, cu mîner și tubulare) ;

— *siguranțe cu întrerupere în nisip* (siguranțe de instalații cu filet și siguranțe cu mare putere de rupere).

• **Siguranțele cu filet** sînt cele mai folosite în instalații pentru protecția circuitelor de lumină și forță de intensități mijlocii (6—100 A). Sînt formate din patru elemente (fig. 2.1) :

— *soclul 1* din porțelan, prevăzut cu borne de legare la circuitul exterior ;

— *elementul de înlocuire (patronul fuzibil) 2,* alcătuit dintr-un tub de porțelan de o anumită formă, umplut cu nisip și închis la capete cu un capac de contact. Firele fuzibile sînt închise în masa de nisip (între capacele de contact) ;

— *piesa de contact 4,* cu diametrul interior calibrat, avînd rolul de a permite introducerea numai a patroanelor pînă la o anumită intensitate corespunzătoare circuitului protejat și de a împiedica introducerea unor patroane de intensitate nominală mai mare (care nu ar putea asigura o protecție corectă) ;

— *capacul filetat 3,* cu rolul de a închide patronul, realizînd totodată presiunea necesară de contact și circuitul electric de la capacul superior al patronului la una dintre bornele soclului.

La montarea siguranțelor cu patron cu fuzibil, trebuie ca firul legat la rețea să fie racordat la contactul de fund, iar cel de la receptor — la

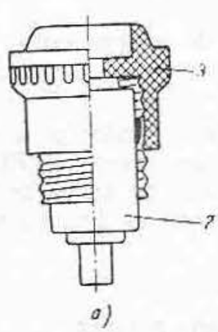
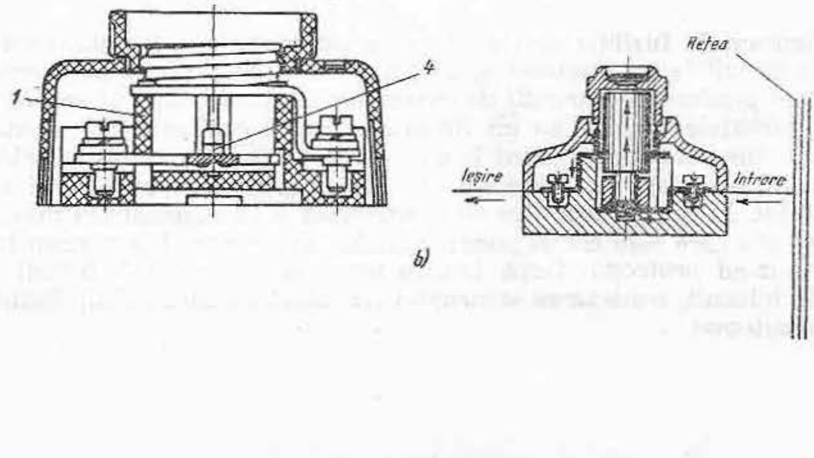



Fig. 2.1. Siguranță cu filet :
a — construcția ; b — modul de racordare la rețea.



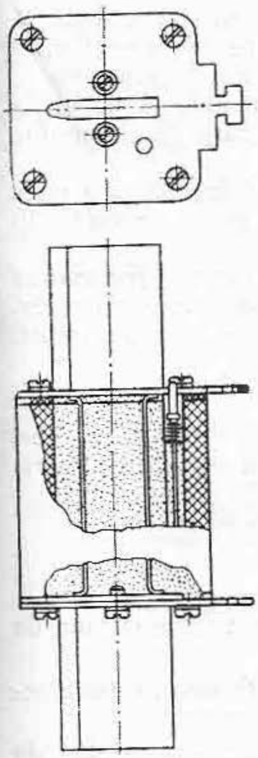


Fig. 2.2. Siguranță cu mare putere de rupere.

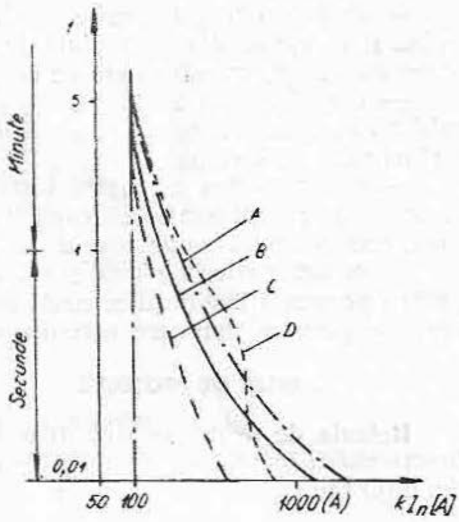



Fig. 2.3. Caracteristici de protecție pentru diferite tipuri de siguranțe.

teaca filetată. Aceasta se face în scopul de a se îngreuia atingerea părților sub tensiune atunci cînd siguranța este demontată și receptorul deconectat și de a permite identificarea siguranțelor arse cu indicatorul (creionul) de tensiune sau cu lampa de control.

• **Siguranțele de joasă tensiune cu mare putere de rupere** au o construcție specială, putînd întrerupe curenții de scurtcircuit de ordinul zecilor de kiloamperi. Ele sînt formate dintr-un tub ceramic foarte rezistent, umplut cu nisip și închis la capete prin capace metalice (fig. 2.2). Firele fuzibile sînt trecute prin nisip de la un capac la celălalt și sudate de acestea.

Siguranțele cu mare putere de rupere se folosesc în majoritatea instalațiilor industriale.

### b. Caracteristici

**Curentul de rupere (capacitatea de rupere)** al siguranței indică valoarea maximă a curentului de scurtcircuit pe care îl poate întrerupe siguranța, aceasta rămînînd nedeteriorată.

**Caracteristica timp-curent (de protecție)** $t=f(I)$ reprezintă variația timpului de funcționare al siguranțelor fuzibile în funcție de supracurent.

Protecția instalațiilor electrice prin siguranțe fuzibile se realizează prin compararea caracteristicii de protecție a fuzibilului siguranței, cu caracteristica termică a obiectului protejat.

În figura 2.3 sînt reprezentate patru caracteristici de topire, aparținînd siguranțelor de joasă tensiune :

— *caracteristica de topire inertă* (cu întîrziere) *A*, care se recomandă în cazul receptoarelor cu vîrfuri de curent de durată relativ scurtă (motoare asincrone, transformatoare de putere, condensatoare de putere etc.) ;

— *caracteristica de topire rapidă B*, care se recomandă în protecția cablurilor, conductelor și în general a instalațiilor în care nu se produc vîrfuri mari de sarcină ;

— *caracteristica de topire ultrarapidă C*, care se folosește cu succes la protecția receptoarelor cu capacitate termică redusă ca, de exemplu, în cazul redresoarelor cu germaniu și siliciu ;

— *caracteristica de topire mixtă* (inert-rapid) *D*, care se recomandă pentru protecția instalațiilor unde se folosesc motoare asincrone cu regim greu de pornire, dar care necesită o deconectare rapidă la scurtcircuit.

## 3. RELEE DE PROTECȚIE

**Releele de protecție** sînt *aparate electrice care au rolul de a opri funcționarea instalației electrice pe care o protejează în momentul apariției unui regim anormal de funcționare.*

### a. Clasificare

Releele de protecție *se clasifică* după mai multe criterii :

— **după mărimea electrică de acționare,** releele pot fi *de curent, de tensiune, de putere* etc. ;

— **după principiul constructiv** se deosebesc *relee termice, relee electromagnetice, relee de inducție ;*

— **după timpul de funcționare,** releele pot fi *instantanee* sau *de timp,* acestea din urmă putînd avea caracteristica independentă sau dependentă.

*Releele cu caracteristică independentă* au practic același timp de funcționare, indiferent de valoarea curentului.

*Releele cu caracteristică dependentă* au timpul de funcționare legat de valoarea curenților de acționare.

### b. Tipuri de relee de protecție

• **Relee termice.** Releele termice conțin o lamelă bimetalică care este încălzită în funcție de curentul motorului și care provoacă deschiderea unui contact de îndată ce releul a atins temperatura sa de funcționare. Datorită încălzirii, bimetalul se curbează și, ca urmare, prezintă o săgeată variabilă cu temperatura sa, precum și o forță capabilă să execute un lucru mecanic.

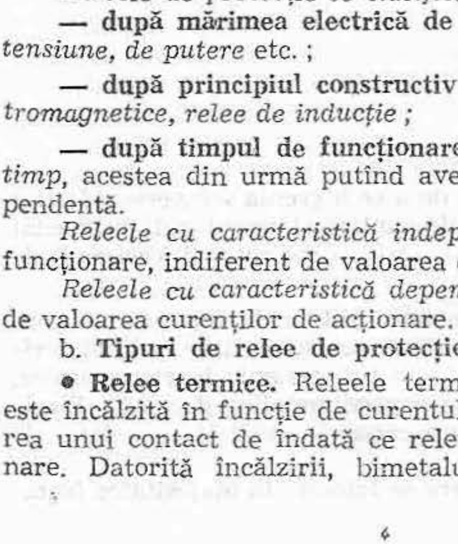


Fig. 2.4. Releu termic : principiul de funcționare.

Încălzirea bimetalului poate fi obținută fie prin trecerea curentului printr-o rezistență încălzitoare montată pe bimetal sau lîngă el (încălzire indirectă), fie trecîndu-se direct curentul prin lamela bimetalică (încălzire directă).

În figura 2.4 se poate urmări principiul de funcționare al releului.

Lamelele bimetalice *1* acţionează prin intermediul unei tije izolante comune *2* pîrghia compensatoare *3* care eliberează colţarul *4*, provocînd astfel deschiderea contactelor *5* din circuitul de comandă. Reglajul se face prin deplasarea articulaţiei *6*, variindu-se astfel distanţa între capătul tijei *2* şi pîrghia *3*. Se observă că acest tip de releu are declanşare liberă, adică la apăsarea pe butonul *0*, contactele *5* sînt menţinute deschise în tot cursul operaţiei de deszăvorîre. Dacă condiţiile de declanşare există încă, pîrghia *3* este înclinată şi colţarul *4* nu poate reveni în poziţia normală, nepermiţînd închiderea contactelor *5*.

Condiţiile de funcţionare ale releelor termice destinate protecţiei motoarelor sînt normalizate iar caracteristica de protecţie a acestor relee este dată în tabelul 2.1.

*Tabelul 2.1*

**Caracteristica de protecţie a releelor termice**

| Curentul de lucru, în multipli ai curentului nominal al releului ($kI_n$) | Timpul de declanşare | Starea bimetalului |
|---|---|---|
| 1,05 | $t > 2$ h | din stare rece |
| 1,2 | $t < 2$ h | din stare caldă |
| 1,5 | $t < 2$ min | din stare caldă |
| 6,0 | $t > 2$ s*<br>$t > 5$ s** | din stare rece |

* Motoare cu pornire normală.
** Motoare cu pornire grea.

Aceste condiţii urmăresc fidel condiţiile de funcţionare impuse motoarelor electrice, care trebuie să suporte şi ele o suprasarcină de 20% timp de 2 h şi o suprasarcină de 50% timp de 2 min.

Deoarece cea mai frecventă defecţiune contra căreia trebuie protejate motoarele electrice trifazate, este rămînerea în două faze, construcţia releelor bimetalice moderne asigură acestora declanşarea în cazul întreruperii unei faze chiar dacă celelalte două faze nu se supraîncarcă ; aceste relee sînt denumite *relee cu protecţie diferenţială*.

Releele termice moderne se construiesc şi cu o *lamelă compensatoare, care are rolul de a elimina influenţa temperaturii ambiante*. Compensatorul se execută dintr-o lamelă bimetalică identică cu cea activă şi aşezată în acelaşi fel. Dacă variaţia de temperatură produce îndoirea bimetalului activ într-un anumit sens, lamela compensatoare se va îndoi în acelaşi sens, distanţa între lamele — deci reglajul — păstrîndu-se constantă şi independentă de temperatura ambiantă.

• **Relee electromagnetice.** Releele electromagnetice asigură protecţia la curenţi de scurtcircuit sau la scăderea tensiunii.

• **Relee de curent.** Din punct de vedere constructiv, aceste relee au un electromagnet (fig. 2.5, *a*). Cînd curentul din bobină depăşeşte o anumită valoare, armătura mobilă este atrasă.

*Domeniul de reglare al releului electromagnetic în cazul protecţiei la scurtcircuit este de (5—10) $I_n$ pentru protecţia motoarelor şi (3—6) $I_n$ pentru protecţia reţelelor.*

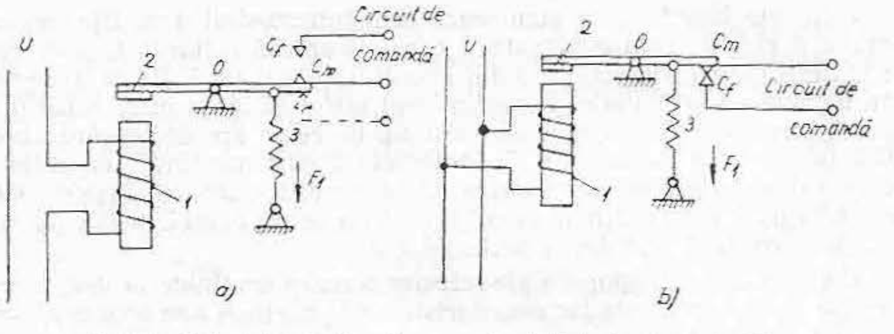



Fig. 2.5. Principiul de funcționare al releului electromagnetic :
a — de curent ; b — de tensiune.

O armătură mobilă 2 acționează direct, sau prin intermediul unor pîrghii, asupra unor contacte ($C_f$ și $C_m$). Forța electromagnetică de atracție a armăturii mobile este proporțională cu pătratul curentului care trece prin bobina 1. Datorită acestui fapt, releele electromagnetice pot fi utilizate atît în curent continuu, cît și în curent alternatiy.

Reglarea curentului la care armătura mobilă este atrasă se execută prin modificarea forței antagoniste $F_1$, date de un resort 3 și prin variația întrefierului.

Pentru reglajul la beneficiar, releul este prevăzut cu un buton de reglare și cu o scară gradată în amperi sau în multipli ai curentului nominal.

• **Relee de tensiune minimă.** Releul de tensiune minimă acționează pentru o anumită valoare a tensiunii aplicate la bornele bobinei (fig. 2.5, *b*).

În unele cazuri releul este prevăzut cu posibilitatea de reglare a tensiunii de declanșare, precum și cu un dispozitiv de temporizare, care face ca deschiderea releului să se producă după un timp prereglat, de obicei cuprins între 0 și 5 s. Reînchiderea se produce instantaneu. *Dispozitivul de temporizare* poate fi un mecanism de ceasornic sau, pentru curent continuu, un dispozitiv de temporizare cu condensator.

Releele de tensiune minimă aparținînd întreruptoarelor automate trebuie să îndeplinească următoarele condiții de funcționare :

— să anclanșeze la tensiunea de minimum 0,85 $U_n$ ;

— să rețină armătura mobilă la 0,7 $U_n$ ;

— să se deschidă, comandînd declanșarea întreruptorului automat atunci cînd tensiunea bobinei ajunge la minimum 0,35 $U_n$ pentru curent alternativ și la 0,15 $U_n$ pentru curent continuu.

Releul de tensiune minimă este conectat între două faze sau între fază și nul.

*Releul de tensiune minimă protejează numai la scăderea tensiunii.*

• **Relee de timp.** În cazul în care sînt necesare temporizări mari și independente de valoarea curentului, se folosesc relee de timp. Temporizarea acestor relee este obținută cu ajutorul unui mecanism cu balansier.

## B. APARATE PENTRU COMANDA AUTOMATĂ ȘI PROTECȚIA MAȘINILOR ȘI INSTALAȚIILOR ELECTRICE

### 1. GENERALITĂȚI

Aceste aparate asigură închiderea contactelor în mod automat prin acționara unui buton de comandă sau prin intermediul unor relee.

Există trei categorii de astfel de aparate de joasă tensiune, și anume : **contactoare, contactoare cu relee și întreruptoare automate.**

### 2. CONTACTOARE

**Contactorul** este *un aparat de conectare cu o singură poziție de repaus, acționat cu un dispozitiv capabil de a închide, a suporta și a întrerupe curenții în condiții de funcționare normale și accidentale ale circuitului.*

#### a. Elemente funcționale

Contactorul este compus dintr-o serie de **elemente funcționale** (fig. 2.6) care vor fi descrise pe scurt, în continuare.

• **Contactele principale** sînt contacte în circuitul principal care, prin mișcarea lor, stabilesc sau întrerup continuitatea unui circuit. Unul dintre contacte, care în timpul operației de conectare-deconectare rămîne imobil, se numește *contact fix*. Celălalt contact, care este antrenat în mișcare de către dispozitivul de acționare, se numește *contact mobil*.

• **Sistemul de stingere a arcului electric** (produs la întruperea curentului, intre contactul fix și cel mobil) se montează pe fiecare pereche de contacte. El este destinat să limiteze extinderea arcului electric, astfel încît durata acțiunii arcului să fie foarte redusă. Dispozitivul de stingere (fig. 2.6, *b*) se compune din bobina de suflaj magnetic și camera de stingere.

• **Sistemul de acționare** are rolul de a transmite energia necesară închiderii sau deschiderii contactelor principale în cazul în care primește o comandă din afară. În figura 2.6, *a* contactele principale ale contactorului sînt acționate de un electromagnet.

• **Contactele auxiliare,** conectate în circuitele auxiliare torului, sînt cuplate mecanic cu contactele circuitului princi tele auxiliare servesc la închiderea și întreruperea circuitelor de blocare și semnalizare, în funcție de pozițiile de funcțion tactorului.

• **Sistemul de fixare** are rolul de a susține toate părțile componente ale contactorului.

• **Bornele.** Legarea contactorului cu circuitele principale se face prin intermediul bornelor fixe. Între borne și contactul mobil, o legătură flexibilă asigură continuarea circuitului.

Totalitata pieselor conductoare care în funcționare normală pot fi legate între ele din punct de vedere electric alcătuiesc o **cale de curent.**



TIMES L'HUMANITÉ
Corriere della Serra

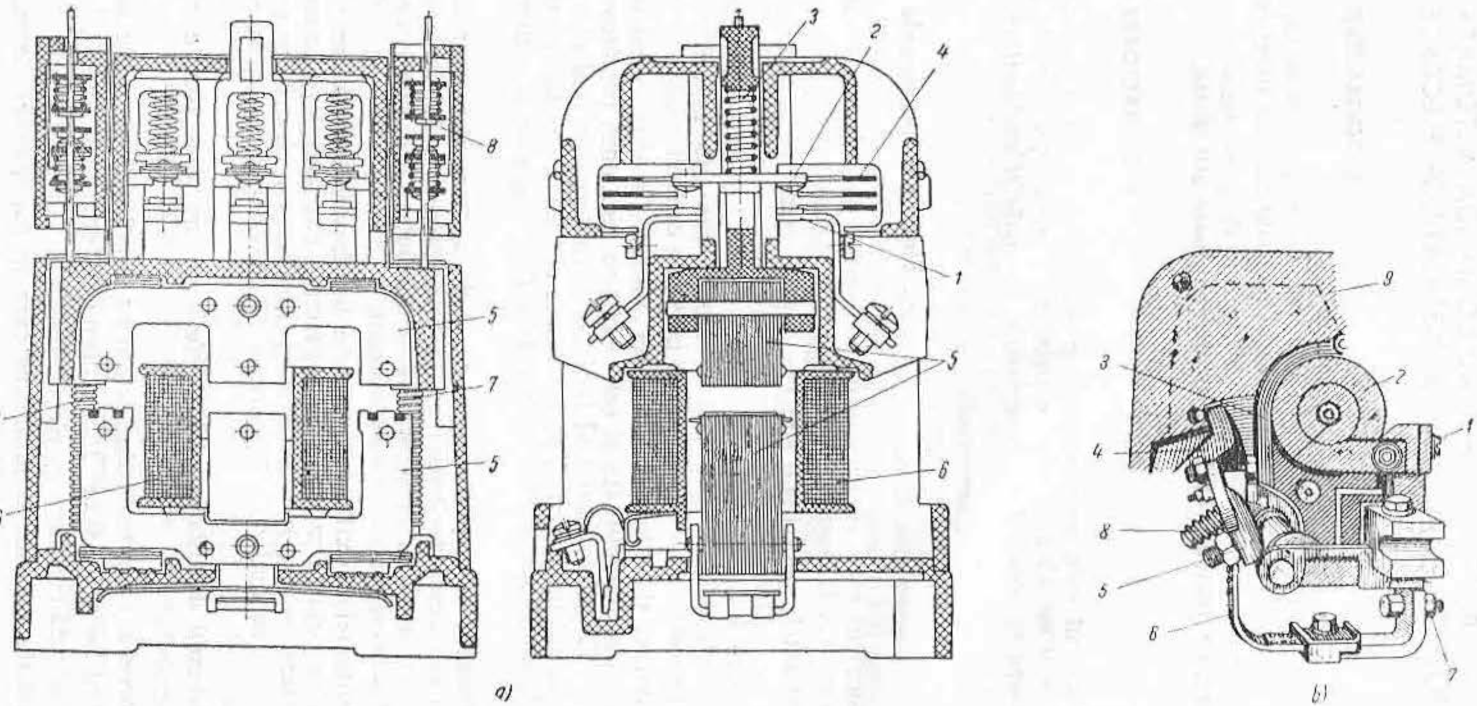



Fig. 2.6. Construcția contactoarelor :

a — contactor cu mișcare de translație (1 — contact fix ; 2 — contact mobil ; 3 — resort pentru realizarea forței de apăsare pe contact ; 4 — camera de stingere ; 5 — armătura electromagnetului ; 6 — bobina electromagnetului ; 7 — contacte auxiliare) ; b — polul unui contactor cu mișcare de rotație și cu dispozitiv de stingere (1 — bornă de intrare ; 2 — bobină de suflaj ; 3 — contact fix ; 4 — contact mobil ; 5 — suportul contactului mobil ; 6 — legătură flexibilă ; 7 — bornă de ieșire ; 8 — resortul contactorului mobil ; 9 — cameră de stingere).

În cazul contactoarelor, o cale de curent este formată din : borna de intrare, bobina de suflaj (cînd există), contactul fix, contactul mobil, legătura flexibilă, borna de ieșire. Deoarece o cale de curent se leagă la un conductor de linie sau de fază al rețelei de alimentare, ea alcătuiește un pol al contactorului. Numărul căilor de curent principale care se pot conecta la rețeaua de alimentare reprezintă numărul de poli ai aparatului.

Din punct de vedere funcțional contactele auxiliare pot fi normal-deschise sau normal-închise. Contactele normal-deschise (notate prescurtat ND) sînt deschise cînd contactorul nu este anclanșat, iar contactele normal-închise (notate prescurtat NI) sînt închise cînd contactorul nu este anclanșat. În momentul în care contactele principale execută manevra de închidere, contactele auxiliare normal-deschise se închid, iar cele normal-închise se deschid.

Pe un contactor se pot monta mai multe contacte auxiliare de tipul ND sau NI.

### b. Clasificare

**Clasificarea** *contactoarelor* se face după următoarele criterii :

- **după felul curentului care străbate circuitul principal** se deosebesc : *contactoare de curent continuu* și *contactoare de curent alternativ*. Prin circuitul de comandă al contactorului poate trece, de asemenea, curent continuu sau alternativ ;
- **după mediul de stingere a arcului** există *contactoare în aer* și *contactoare în ulei*. Contactoarele în ulei reprezintă o soluție învechită, rar utilizată ;
- **după modul de deplasare a contactelor** mobile există *contactoare cu rotație* și *contactoare cu translație*. În ultimul timp contactoarele cu translație au căpătat o largă dezvoltare datorită performanțelor ridicate pe care le au precum și suprafeței de montaj reduse pe care o solicită ;
- **după numărul de poli,** contactoarele pot fi : *monopolare*, prevăzute cu un singur pol, *bipolare* — cu doi poli, *tripolare* — cu trei poli sau *multipolare* — cu mai mulți poli. Construcțiile monopolare se utilizează în special în curent continuu, cele bipolare în curent continuu și alternativ, iar cele tri- și multipolare în curent alternativ ;
- **după tipul de protecție,** contactoarele în aer se pot utiliza *în execuție deschisă* sau *capsulate în cutii* care asigură diferite grade de protecție ;
- **după tipul dispozitivului de acționare** se deosebesc *contactoare electromagnetice, electropneumatice, pneumatice* etc., după cum acționarea contactelor principale se face cu un electromagnet, electroventil, dispozitiv cu aer comprimat. Datorită construcției lor simple și robuste, contactoarele electromagnetice au cele mai generale utilizări industriale ;
- **după felul sarcinii** contactoarele se clasifică *în funcție de regimul de lucru caracteristic unei anumite sarcini.*

## 3. CONTACTOARE CU RELEE

**Contactoarele cu relee** sînt *aparate pentru protecția și comanda motoarelor electrice care au asociate, în același ansamblu (în aceeași carcasă) un contactor și relee termice, fiecare dintre acestea preluînd o anumită funcție.*

Contactorul îndeplinește funcția de aparat de manevră, închizînd sau deschizînd circuitul principal, la comanda voită a unui operator. Cînd în instalația protejată se produce o suprasarcină, deschiderea sa poate fi provocată în mod automat de releul termic.

Pentru situații în care apar curenți mari de scurtcircuit, se prevăd siguranțe fuzibile în serie cu contactorul, acestea preluînd sarcina de întrerupere a curenților de scurtcircuit a căror valoare depășește valoarea de rupere a contactorului.

### 4. ÎNTRERUPTOARE AUTOMATE

**Întreruptorul automat** este *un aparat mecanic de conectare capabil să închidă, să suporte pe o durată specifică și să întrerupă curenți în condiții anormale (suprasarcină, scurtcircuit etc.).*

*Spre deosebire de contactoare, întreruptoarele automate sînt menținute în poziția anclanșată cu ajutorul unui mecanism de zăvorîre (broască), mecanic sau electromecanic,* asupra căruia acționează releele. Releele care acționează la suprasarcină, de obicei sînt de tipul termobimetalice, iar releele de protecție la scurtcircuit — electromagnetice. Cînd releele acționează direct asupra mecanismului de zăvorîre, se numesc *declanșatoare.*

*Întreruptoarele automate pot fi anclanșate sau declanșate fie manual prin intermediul unei manete de acționare de pe aparat, fie de la distanță,* comanda fiind realizată prin electromagnet de anclanșare, servomotor sau dispozitiv pneumatic.

*Electromagneții de anclanșare* rămîn sub tensiune un timp scurt, dezvoltînd o mare forță pentru a putea întinde arcurile antagoniste și a arma mecanismul de declanșare, deosebindu-se esențial de electromagneții contactoarelor care rămîn conectați la tensiune timp îndelungat.

Întreruptorul automat funcționează în general cu o frecvență de conectare redusă.

Întreruptorul automat de joasă tensiune trebuie deci să îndeplinească două funcțiuni principale în schemele electrice : *să asigure continuitatea circuitului, exercitînd un control asupra valorii curenților nominali din exploatare* și *să întrerupă continuitatea circuitului în instalație, în punctul unde este montat întreruptorul, a unor curenți care depășesc valorile normale* (suprasarcini, scurtcircuite). Unele întreruptoare au rolul de a întrerupe continuitatea circuitului și în cazul scăderii tensiunii sub o anumită valoare.

Pentru a realiza funcțiile de mai sus, întreruptorul trebuie să fie compus din următoarele părți : căi de curent, contacte, dispozitiv de stingere a arcului electric, mecanism de acționare, relee de diverse tipuri.

#### a. Clasificare

Întreruptoarele automate se pot clasifica după diferite criterii.

• **După sursa de energie utilizată la acționarea aparatului** se deosebesc :

— *întreruptoare cu acționare manuală,* la care operația de închidere este efectuată exclusiv prin intermediul unei energii manuale aplicate direct. Operația de deschidere poate fi efectuată tot manual sau prin intermediul releelor ;

— *întreruptoare cu acționare electrică*, la care energia necesară pentru închidere este dată de un electromagnet sau motor electric;

— *întreruptoare cu acționare pneumatică*, la care energia necesară pentru închidere este dată de un dispozitiv pneumatic.

• **După timpii totali de deschidere la curent de scurtcircuit**, se deosebesc, în ordinea mărimii timpilor de deschidere, următoarele tipuri:

— *întreruptoare limitatoare*, la care timpul total de deschidere nu depășește 5 ms și care limitează astfel valoarea de vîrf a curenților de scurtcircuit. Cînd întreruptorul limitator este echipat cu un declanșator special, se numește *ultrarapid* și poate fi utilizat și la întreruperea curentului continuu;

— *întreruptoare rapide*, la care timpul total de deschidere nu depășește 10 ms;

— *întreruptoare normale*, la care timpul total de deschidere este pînă la 100 ms.

• **După felul curentului ce străbate căile principale de curent**, se deosebesc:

— *întreruptoare pentru curent alternativ;*

— *întreruptoare pentru curent continuu;*

— *întreruptoare pentru curent alternativ și continuu.*

• **După tipul releelor sau declanșatoarelor cu care sînt echipate**, se utilizează:

— *întreruptoare echipate cu relee declanșatoare termice* pentru declanșarea la suprasarcină;

— *întreruptoare echipate cu relee sau declanșatoare electromagnetice pentru declanșarea la scurtcircuit;*

— *întreruptoare echipate cu diferite tipuri de relee și declanșatoare.*

• **După modul de fixare în instalații** se deosebesc:

— *întreruptoare pentru montare fixă;*

— *întreruptoare în construcție debroșabilă.*

Clasificarea de mai sus nu epuizează posibilitățile de utilizare, echipare etc. ale întreruptoarelor automate, existînd încă numeroase alte criterii de clasificare (tipul de protecție, mediul de stingere al arcului, posibilități de instalare etc.).

### b. Tipuri de întreruptoare automate

• **Întreruptoare automate mici.** Întreruptoarele automate mici sînt destinate protecției conductoarelor din instalații casnice și industriale (circuite de lumină, circuite de comandă, circuite pentru aparate electrocasnice) precum și protecției aparatajului din aceste instalații. Ele sînt utilizate și pentru protecția instalațiilor care conțin motoare de mică putere. Aceste întreruptoare automate asigură protecța circuitelor atît împotriva curenților de suprasarcină, cît și împotiva curenților de scurtcircuit.

Indiferent de varianta constructivă, *întrerutporul se compune din următoarele elemente:* soclu din material izolant termic și electric, meca-

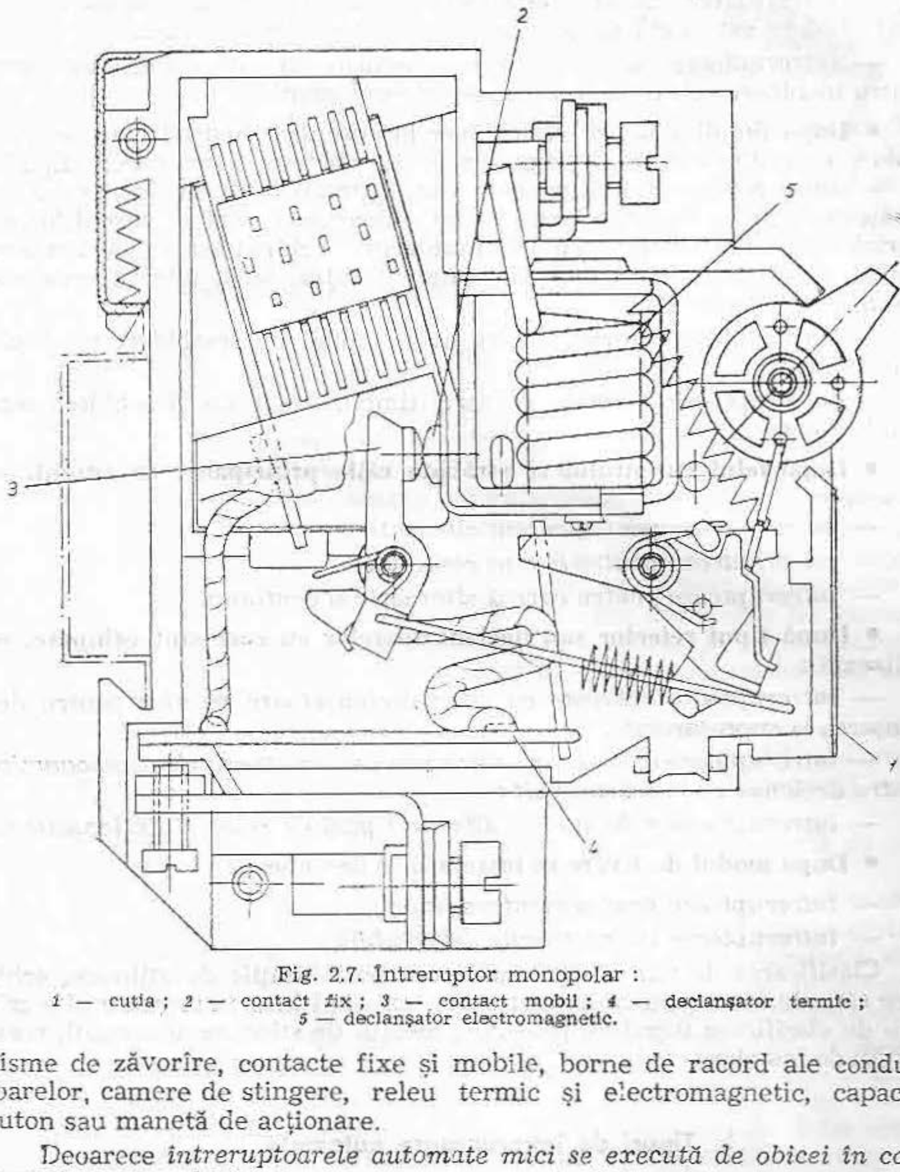



Fig. 2.7. Întreruptor monopolar :
1 — cutia ; 2 — contact fix ; 3 — contact mobil ; 4 — declanşator termic ;
5 — declanşator electromagnetic.

nisme de zăvorîre, contacte fixe şi mobile, borne de racord ale conductoarelor, camere de stingere, releu termic şi electromagnetic, capac şi buton sau manetă de acţionare.

Deoarece *întreruptoarele automate mici se execută de obicei în construcţia monopolară,* ele se numesc pe scurt **întreruptoare monopolare.**

În figura 2.7 este reprezentată o secţiune printr-un întreruptor monopolar de construcţie plată.

*Intreruptoarele monopolare cu filet* pot fi montate în socluri de siguranţe normale, avînd un soclu filetat cu filet E 27. *Alte construcţii permit montarea aparentă sau îngropată* a aparatului.

*Caracteristicile de declanşare ale releelor automate mici* depind de felul circuitului pe care trebuie să-l protejeze întreruptorul automat.

**Întreruptoare automate de putere.** Întreruptoarele automate de putere pentru curent alternativ şi continuu se folosesc pentru protecţia motoarelor electrice, a reţelelor de distribuţie sau a transformatoarelor.

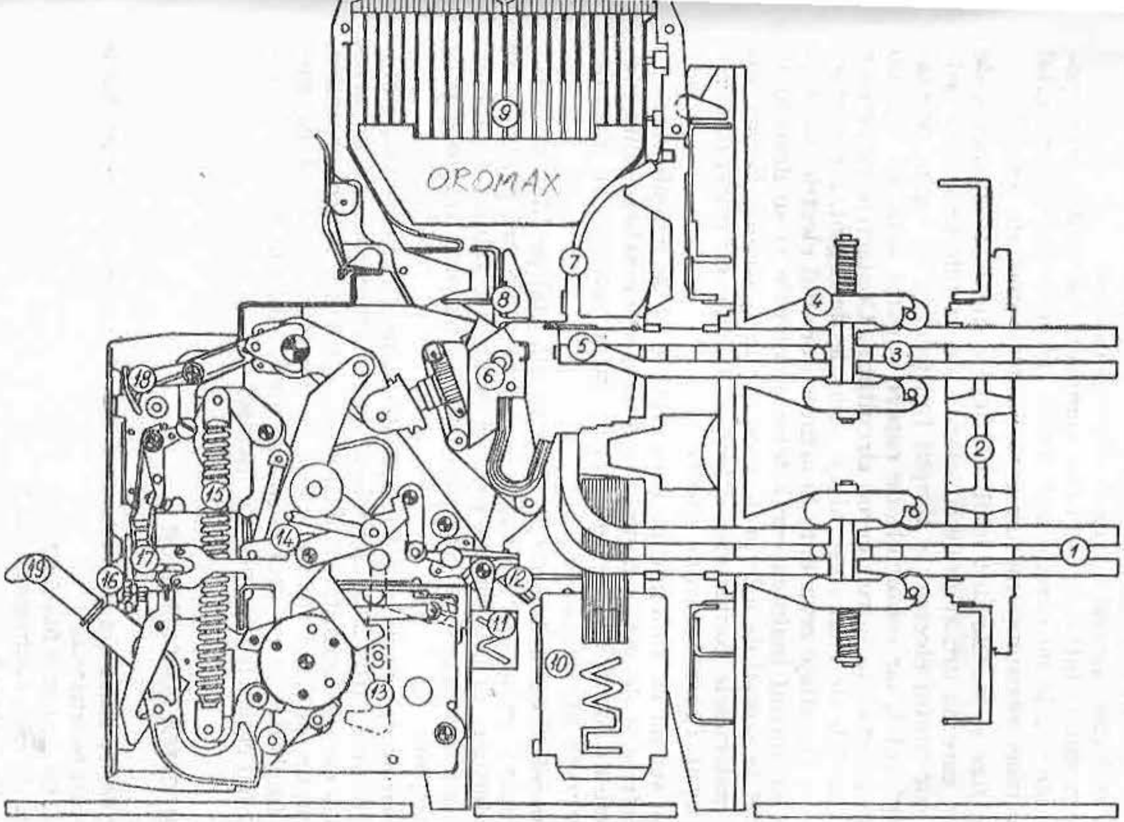



Fig. 2.8. Secțiune printr-un întreruptor debroșabil :
1 — bornă ; 2 — soclu izolat fix ; 3 — contactul de debroșare fix ; 4 — contact de debroșare mobil ; 5 — contact principal fix ; 6 — contact principal mobil ; 7 — contact de rupere fix ; 8 — contact de rupere mobil ; 9 — camera de stingere ; 10 — declanșator electromagnetic ; 11 — declanșator de tensiune minimă ; 12 — ax de declanșare ; 13 — blocaj pentru împiedicarea introducerii sau scoaterii întreruptorului cu contacte închise ; 14 — mecanismul de anclanșare ; 15 — resortul de anclanșare ; 16 — butoane pentru comanda închiderii sau deschiderii ; 17 — semnalizare pentru poziția armat sau nearmat ; 18 — semnalizare pentru poziția închis-deschis ; 19 — leviere pentru armarea resortului.

Aceste întreruptoare asigură protecția în cazul apariției curenților de suprasarcină și de scurtcircuit și în cazul scăderii tensiunii din circuit sub anumite limite. Caracteristicile de protecție depind de tipurile de relee sau declanșatoare cu care sînt echipate întreruptoarele automate.

*Întreruptoarele automate de putere se compun din următoarele elemente principale* : cadrul de susținere, mecanismul de zăvorîre, polii, principali cu contactele principale, bornele de racord ale conductoarelor și camerele de stingere, polii auxiliari cu contactele auxiliare, dispozitivele de protecție (relee și declanșatoare), organul motor și carcasa.

*Polii* sînt executați într-o construcție compactă, ca unități monopolare independente ; căile de curent sînt fixate pe un soclu din material izolant avînd o mare rezistență mecanică și o higroscopicitate redusă.

*Contactele fixe și mobile* sînt realizate fiecare din două elemente de contact diferite, care au următoarele funcțiuni : contactele principale asigură trecerea curentului electric în timpul funcționării în regim permanent a întreruptorului, iar contactele de rupere suportă acțiunea arcului electric care se produce la întreruperea circuitului. Contactele principale se execută din profile de cupru sau aliaje speciale de argint, iar contactele de rupere — din aliaje rezistente la acțiunea arcului electric. Contactele de rupere se închid înaintea contactelor principale și se deschid în urma lor tocmai în scopul de a le proteja de acțiunea arcului. Forma, dimensiunile și materialele contactelor diferă în funcție de întreprinderea producătoare, tipul și capacitatea de rupere.

Ținîndu-se seamă de funcțiile pe care trebuie să le îndeplinească în instalațiile electrice și de performanțele necesare, se deosebesc două construcții distincte de întreruptoare de putere : *întreruptoare în execuție deschisă* și *întreruptoare capsulate*.

**Întreruptoarele fixe** se fixează pe traverse din oțel profilat, cu șuruburi. Acești suporți trebuie să fie rigizi și perfect coplanari, pentru a nu se produce deformări în întreruptor care să împiedice buna lui funcționare. Bornele se execută în două variante : pentru legături în față și pentru legături în spate.

**Întreruptoarele debroșabile** sînt prevăzute cu un șasiu care poate aluneca pe două traverse (fig. 2.8). Bornele au o construcție bazată pe principiul priză-fișă care le permite realizarea cu ușurință a conexiunilor. Fiecare întreruptor de acest tip trebuie să fie prevăzut cu un blocaj mecanic care să împiedice introducerea sau scoaterea lui din montaj în poziția anclanșat (cu contactele principale închise).

## VERIFICAREA CUNOȘTINȚELOR

1. Cum se realizează protecția unui circuit la curenți de defect foarte mari (scurtcircuit) ?
   *a*. Cu siguranțe fuzibile ?
   *b*. Cu relee electromagnetice ?
   *c*. Cu ambele ?
2. La o suprasarcină de 50% releul termobimetalic declanșează în mai puțin :
   *a*. de 2 ore ?
   *b*. de 2 minute ?
   *c*. de 2 secunde ?

3. Pentru comanda și protecția instalațiilor electrice se folosesc :
   *a.* siguranțe și separatoare sau întreruptoare cu came ?
   *b.* siguranțe și contactoare cu relee ?
   *c.* siguranțe și întreruptoare automate ?
4. Întreruptoarele automate asigură :
   *a.* continuitatea circuitului ?
   *b.* continuitatea circuitului și întreruperea în caz de avarie ?
   *c.* întreruperea în caz de avarie ?
5. Ce aparate au frecvență mai mare de conectare ?
   *a.* Întreruptoarele automate ?
   *b.* Contactoarele ?
6. Ce aparate asigură protecția în instalațiile casnice ?
   *a.* Siguranțele fuzibile ?
   *b.* Întreruptoarele automate monopolare ?
   *c.* Întreruptoarele cu pîrghie ?

CAPITOLUL 3

# EXECUTAREA LUCRĂRILOR ÎN INSTALAȚIILE ELECTRICE INTERIOARE DE JOASĂ TENSIUNE

## A. DEFINIREA ȘI CLASIFICAREA INSTALAȚIILOR INTERIOARE

Prin **instalații electrice** se înțeleg *acele instalații care sînt destinate a folosi energia electrică pentru forță, iluminat și alte scopuri industriale sau casnice.*

• **Din punctul de vedere al locului unde se execută,** instalațiile electrice se împart în :

— *instalații interioare,* care cuprind conductoarele cu toate elementele accesorii de montaj, întrerupere, protecție etc. ce se montează în interiorul clădirilor de orice fel ;

— *instalații exterioare,* la care elementele instalației sînt montate în afara clădirilor.

Instalațiile electrice pot servi numai pentru iluminat și se numesc *instalații electrice de iluminat,* sau pot servi pentru alimentarea diferitelor receptoare electrice de puteri mari, ca motoare și cuptoare electrice, aparate de sudat etc. și se numesc *instalații electrice de forță.*

• **Din punctul de vedere al tensiunii** instalațiile electrice de joasă tensiune, care funcționează la tensiuni pînă la 1 000 V, se împart în :

— instalații electrice cu tensiunea între conductor și pămînt pînă la 250 V ;

— instalații electrice cu tensiunea între conductor și pămînt peste 250 V.

**După modul în care se execută,** instalațiile electrice se împart în :

— instalații electrice executate *aparent,* la care conductoarele electrice, prizele, întreruptoarele sînt montate în mod vizibil. Astfel de instalații se folosesc în special în halele industriale prevăzute cu grinzi sau cu ferme metalice, în subsoluri, poduri, barăci de lemn, pe șantiere etc. ;

— instalații electrice executate *îngropat,* la care conductoarele electrice nu se văd, fiind îngropate în tencuiala zidăriei, iar corpurile prizelor, întreruptoarelor, dozelor etc. sînt de asemenea introduse în niște locașuri speciale, astfel încît se văd doar capacele. Instalațiile executate îngropat sînt mai estetice și sînt folosite în locuințe, săli de spectacole, clădiri publice, birouri, întreprinderi industriale etc.

Structura și execuția instalațiilor electrice depind și de destinația clădirilor precum și de mediul în care lucrează.

## B. MATERIALE NECESARE EXECUTĂRII INSTALAŢIILOR ELECTRICE INTERIOARE

Principalele materiale folosite pentru executarea instalaţiilor electrice interioare sînt : conductoarele, tuburile protectoare şi diverse accesorii.

*Conductoarele* folosite în instalaţiile electrice au fost descrise în capitolul precedent.

### 1. TUBURI PROTECTOARE

Tuburile de protecţie se utilizează pentru protejarea conductoarelor electrice din instalaţii, contra deteriorărilor produse de lovituri, praf, umezeală sau vapori.

Tuburile se pot monta îngropate în zidărie, sub tencuială, în planşee, sub rabiţ sau sub pardoseală, sau se montează aparent.

**În funcţie de construcţie sau de materialul din care sînt executate** se întîlnesc :

— tuburi izolante uşor protejate — simbol IP ;
— tuburi de protecţie — simbol P ;
— tuburi izolante de protecţie etanşe — simbol (IPE) PEL ;
— tuburi izolante şi de protecţie flexibile — simbol IPF, IPFR, PFR ;
— tuburi izolante uşor protejate, din PCV, înlocuitor de tip IP — simbol PCV-IP ;
— tuburi PCV-rigid, înlocuitor de tub IPE-simbol PCV (IPE) PEL ;
— tuburi de protecţie etanşe din ţeavă de oţel sudată sau trasă (ţevi pentru instalaţii) ;
— tuburi de beton pentru traversări şi canalizări electrice subterane.

Pentru a fi ferite de coroziune, tuburile de protecţie se plumbuiesc sau se lăcuiesc. Ca să nu se producă deteriorarea izolaţiei conductoarelor la introducerea în tuburi, interiorul acestora trebuie să fie neted şi fără asperităţi.

**Tuburile izolante uşor protejate IP** (fig. 3.1) sînt fabricate dintr-un tub de carton rezistent la umiditate, avînd un înveliş confecţionat din bandă de oţel laminată la rece. Se pot monta atît aparent cît şi îngropat.

Pentru a i se asigura rezistenţa la umiditate, tubul de carton se impregnează cu bitum industrial.

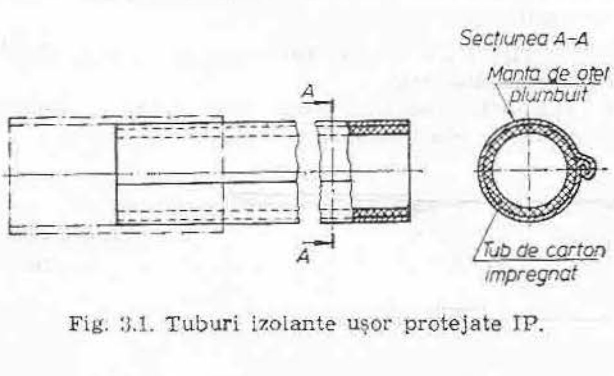



Fig. 3.1. Tuburi izolante uşor protejate IP.

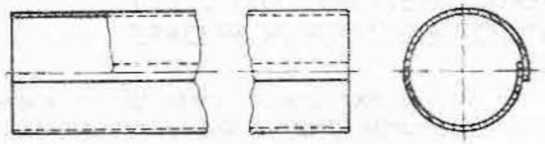


Fig. 3.2. Tuburi de protecție P.

• **Tuburile de protecție P** (fig. 3.2) sînt confecționate din bandă de oțel laminată și încheiată prin petrecerea marginilor una peste alta. Se montează numai aparent pe pereți.

• **Tuburile izolante de protecție, etanșe PEL** (fig. 3.3) sînt confecționate dintr-un tub de carton izolant, protejat de un înveliș din bandă de oțel laminată, sudată sau țeavă de oțel.

Tuburile PEL sînt prevăzute la ambele capete în exterior cu filet special, care servește la realizarea îmbinărilor între două tuburi. Aceste tuburi trebuie să reziste la o presiune de 2,5 at.

• **Tubul izolant ușor protejat, flexibil, IPF** se execută prin înfășurarea în spirală a două benzi de hîrtie impregnată, peste care se înfășoară în spirală o bandă de oțel plumbuită.

• **Tubul izlonat și de protecție flexibilă, cu rezistență mecanică, IPFR** se execută prin înfășurarea în spirală a unor benzi de hîrtie impregnată, peste care se înfășoară în spirală două benzi de oțel plumbuite din tablă mai groasă, ceea ce îi dă o rezistență mecanică superioară.

• **Tubul de protecție flexibil, cu rezistență mecanică PFR,** se execută prin înfășurarea în spirală a unor benzi de oțel plumbuite peste care se înfășoară o bandă de hîrtie impregnată și deasupra o altă bandă de oțel plumbuită. El poate fi utilizat în medii umede, dar necorosive.

• **Tubul de protecție etanș din țeavă de oțel folosit** la instalații electrice este de fapt țeavă din oțel ce se întrebuințează la instalații sanitare sau de gaze. El se folosește montat aparent, sub tencuială sau îngropat în pardoseală pentru protecția conductoarelor electrice, în locul tuburilor IPE, cînd sînt necesare tuburi de protecție cu diametrul mai mare de 36 mm.

• **Țevile pentru instalații electrice** se utilizează, în special, în medii umede necorosive, în medii cu pericol de incendiu, sau de explozie, prezentînd și o mare rezistență mecanică.

• **Tuburile cu manta din policlorură de vinil (PCV)** găsesc o aplicare din ce în ce mai largă în executarea instalațiilor electrice interioare pînă la 500 V.

Flacăra atacă tubul PCV și îl carbonizează, fără însă a propaga focul. Temperaturile scăzute fac ca tubul să devină rigid, iar temperaturile prea ridicate produc înmuierea tubului.

De aceea, tuburile PCV nu se montează pe pereți din lemn, paiantă sau alte materiale combustibile.

Etanșarea îmbinărilor se realizează prin lipire cu un adeziv special : soluție de policlorură de vinil dizolvată în acetonă.



Fig. 3.3. Tuburi de protecție etanșe PEL.

• Conductoarele izolate sau neizolate se montează aparent pe **izolatoare-rolă din porțelan**, de două tipuri, R și RC (clopot).

• **Papucii de cablu** sînt *piese de legătură care se fixează la capătul unui conductor prin stringere sau prin lipire*, pentru a putea executa legături la o bornă, la un bolț sau la un șurub de contact.

*Papucii ștanțați pentru conductoare din cupru multifilar* se execută din cupru, prin ștanțare și apoi se cositoresc. Pe ureche se gravează două numere, de exemplu 70/10, reprezentînd : secțiunea conductorului (primul număr) și diametrul bornei sau bolțului pe care se poate monta (al doilea număr).

Fixarea conductorului în papuc se face prin cositorire.

*Papucii pentru conductoare de aluminiu multifilare* se execută din aluminiu și se utilizează pentru conductoare de aluminiu cu secțiuni de la 25 pînă la 500 mm$^2$. Pe urechea papucului se marchează secțiunea conductorului pentru care se poate folosi.

Fixarea conductorului se face cu ajutorul bridelor care se strîng cu șuruburi din oțel zincat, prevăzute cu rondele elastice din oțel.

*Papucii presați sau turnați pentru conductoare din cupru multifilar* se utilizează atunci cînd cablul este supus la solicitări mecanice mari. Ei se execută din bronz, prin presare la cald sau prin turnare, și se protejează prin cositorire. Fixarea conductorului se face prin cositorire.

Papucii sînt marcați pe ureche cu o cifră care arată secțiunea conductorului la care poate fi utilizat, iar pe cap cu două cifre, care arată diametrul găurii în care se introduce conductorul, și diametrul găurii pentru borna de legătură.

## 3. ACCESORII PENTRTU TUBURILE DE PROTECȚIE

Legăturile dintre tuburile de protecție se execută cu accesorii speciale cum sînt : scoabele de fixare, diblurile, dozele, manșoanele (mufele de legătură), coturile și curbele.

• **Scoabele** (fig. 3.4, *a, b, c, d*) sînt piese metalice, fabricate din bandă de oțel laminată la rece și sînt utilizate la fixarea tuburilor în cazul insta-

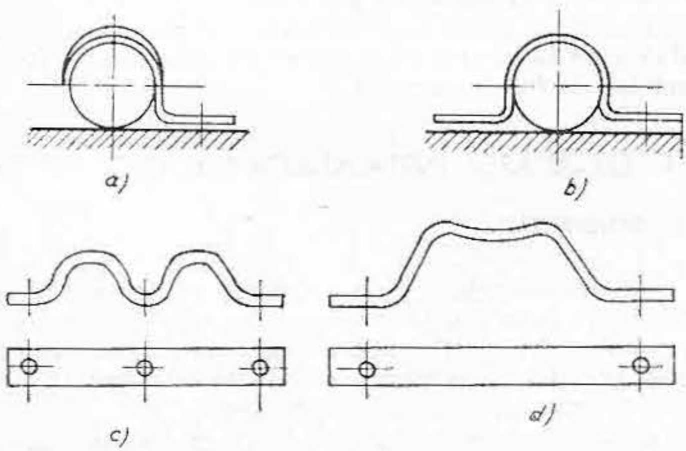



Fig. 3.4. Scoabe.

lațiilor aparente. Pentru a fi protejate contra coroziunii, aceste scoabe sînt lăcuite sau plumbuite.

Pentru fixarea mai multor tuburi sub tavan sau pe ziduri se folosesc *console*.

• **Diblurile.** *Diblurile de oțel* au o gaură cu filet interior, în care se înșurubează un șurub de 10 mm lungime, pentru fixarea scoabelor, sau de 25 mm lungime, pentru fixarea rolelor de porțelan.

*Diblurile de lemn* se fabrică din lemn uscat de brad sau de tei. Diblul de lemn trebuie să aibă formă trapezoidală, pentru ca să nu iasă din zid.

• **Dozele** sînt cutii rotunde sau pătrate, confecționate din tablă de oțel plumbuită sau turnate, avînd la periferie un număr variabil de găuri. Aceste găuri servesc pentru introducerea capetelor tuburilor care se îmbină. Fiecare doză este prevăzută cu cîte un capac de închidere.

Dozele se utilizează la locurile de ramificație a conductei sau ca locaș pentru aparate de manevră (întreruptoare, comutatoare etc.) și de alimentare (prize).

*Dozele pentru aparate AIP* se fabrică într-un singur tip și se întrebuințează în instalațiile îngropate executate cu tuburi IP. Ele au o singură gaură prin care se introduce tubul.

*Dozele de ramificație* diferă după tipul tubului la care urmează să fie folosite.

*Dozele pentru tuburi de protecție* sînt executate turnate sau din tablă de oțel presată ; ele sînt prevăzute cu capace fixate cu șuruburi. Dozele au găuri laterale sau în fund ; găurile sînt prelungite cu manșoane, în care se presează tuburile P sau sînt filetate pentru fixarea tuburilor PEL.

• **Manșoanele de legătură** leagă tuburile între ele și sînt confecționate din același material ca și tubul.

• **Coturile** servesc pentru montarea tuburilor la colțurile camerelor pentru coborîrea tuburilor din instalații spre aparate etc. Ele schimbă direcția tubului cu 90°.

• Tot pentru schimbarea direcției tubului de protecție cu 90° se utilizează și **curbele.**

Coturile și curbele se execută fie din țeavă trasă, fie din țeavă formată prin sudură pe generatoare. Protejarea contra coroziunii se face prin lăcuire, atît la interior cît și la exterior.

Pentru a se feri izolația conductoarelor de marginea tăioasă a mantalei de tablă, cînd se efectuează tragerea lor prin tub se utilizează *inele* (tile) *de porțelan și pipe de porțelan.*

## C. EXECUTAREA INSTALAȚIILOR ELECTRICE INTERIOARE

### 1. GENERALITĂȚI

Orice instalație electrică se execută după un proiect de execuție întocmit de proiectanții de specialitate. Acest *proiect este însoțit de planuri (desene) de execuție și de schemele instalațiilor electrice în care sînt reprezentate — prin semne convenționale — toate elementele componente ale instalației proiectate și locul lor de amplasare.*

*In planurile de construcție* ale clădirii, etajului sau apartamentului în care urmează să se execute instalația electrică pentru iluminat sau

pentru forță *se indică* : locurile unde vor fi montate corpurile de iluminat, intreruptoarele, prizele, dozele, motoarele electrice, tablourile de distribuție și traseul pe care il vor urma conductoarele care compun circuitele respective (fig. 3.5). *Tot în planuri se indică și traseul coloanelor de alimentare cu energie electrică a tablourilor de distribuție*, schema instalației electrice, precum și diferite detalii de montaj ale instalației.

*Instalațiile electrice de iluminat sînt alimentate de la tablouri de distribuție separate de cele care alimentează instalațiile electrice de forță.* Corpurile de iluminat, aparatele electrocasnice etc. funcționează cu curent alternativ monofazat. Circuitul de curent monofazat este compus dintr-un conductor la un anumit potențial (faza) și un conductor la potențial zero (nulul). Dacă s-ar monta toate lămpile și prizele existente într-o clădire pe un singur circuit monofazat, acesta ar trebui să aibă o secțiune prea mare. În plus, dacă s-ar defecta faza de alimentare cu tensiune, în-

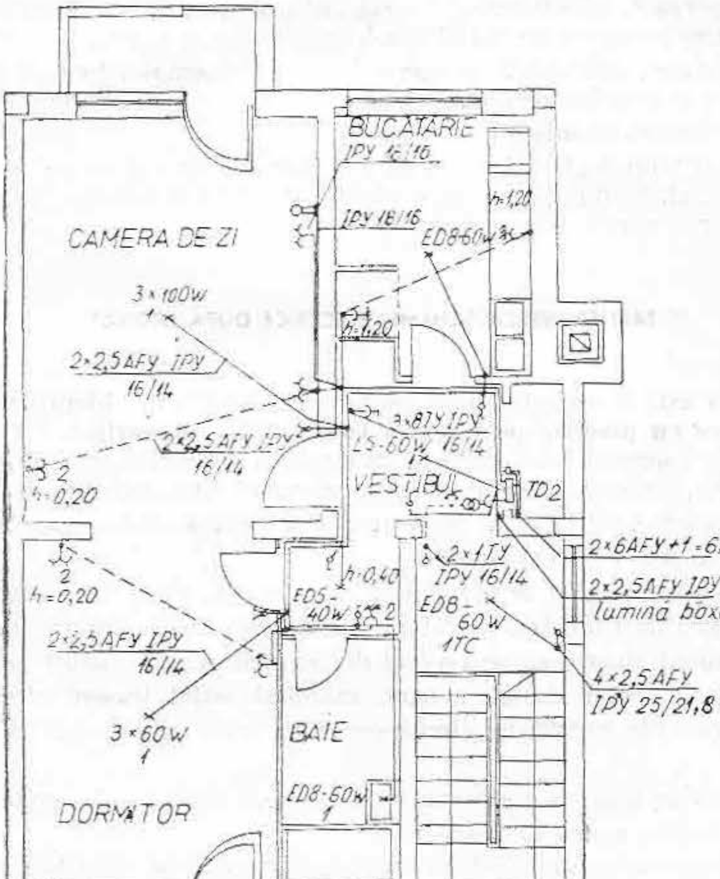



Fig. 3.5. Planul unei instalații electrice.

treaga clădire ar rămîne în întuneric. De aceea, acolo unde numărul consumatorilor de energie electrică este mare, sau în cazul instalațiilor de forță, alimentarea tabloului general de distribuție se execută în sistemul cu patru conductoare (trei conductoare de fază și un conductor neutru), iar circuitele care alimentează lămpile din încăperi, săli etc., se leagă la cîte o fază și un nul al tabloului de distribuție, astfel încît să se realizeze o încărcare cît mai uniformă a acestor trei faze.

Succesiunea tuturor operațiilor necesare pentru executarea unei instalații electrice formează **procesul tehnologic de execuție al instalației respective.**

*Principalele operații care trebuie executate* sînt :

— trasarea pe tavanul și pe pereții încăperilor a instalației electrice indicate prin planul de execuție, săparea șanțurilor în pereți, a locașurilor pentru doze, dibluri, prize, întreruptoare etc. și fixarea acestora în montaj aparent sau îngropat ;

— tragerea conductoarelor în tuburile de protecție, executarea legăturilor între conductoare și izolarea lor ;

— montarea aparatelor de comutare, a consumatorilor de energie electrică și a tablourilor de distribuție ;

— verificarea instalației.

Procesul tehnologic diferă de la o lucrare la alta și uneori de la un șantier la altul, în funcție de materialele și utilajele folosite, de specificul clădirilor în care se execută etc.

## 2 TRANSPUNEREA SCHEMEI ELECTRICE DUPĂ PROIECT

Aceasta este o operație importantă, care constă în **identificarea și transpunerea cu precizie pe teren, a conținutului planurilor.** Cu această ocazie se va însemna locul unde se montează : corpurile de iluminat, întrerutpoarele, prizele, dozele, mașinile electrice etc., precum și tablourile de distribuție, tuburile de protecție, ca și locurile unde se vor executa străpungerile prin ziduri și planșee.

*Trasarea circuitelor* se efectuează cu ajutorul sforii de trasat, înnegrite de negru de fum. Doi lucrători întind bine sfoara, trăgînd de capetele ei. Ciupind sfoara, ea se lovește de peretele (sau tavanul) pe care a fost întinsă și lasă o dungă neagră, marcînd astfel traseul circuitului.

La instalațiile îngropate, circuitele se trasează pe construcția netencuită.

Trasarea se face cu cretă sau cu cărbune, folosindu-se semnele convenționale pentru aparatele respective.

*Orientarea orizontală a sforii* înainte de trasare se verifică cu nivela cu bulă de aer, cu metrul sau cu compasul de lemn, măsurîndu-se distanța de la tavan pînă la sfoara de trasaj. De obicei, această distanță este de circa 30—50 cm de la tavan.

*Direcția verticală a traseelor* se verifică în prealabil cu firul de plumb sau cu nivela cu bulă de aer.

## 3. SĂPAREA ŞANŢURILOR ŞI EXECUTAREA STRĂPUNGERILOR

Săparea şanţurilor în pereţi, pentru introducerea tuburilor de protecţie, precum şi săparea locaşurilor pentru dibluri, doze, întrerupătoare şi prize se execută cu dalta lată, dalta cu vîrf şi cu ciocanul, cu ciocane pneumatice sau maşini electrice de găurit şi frezat şanţuri. Drumul circuitelor pe pereţi se va stabili, pe cît posibil, de-a lungul rosturilor cărămizilor zidăriei.

Şanţurile nu trebuie făcute prea adînci, doarece se slăbeşte rezistenţa zidurilor, dar nici prea puţin adînci, pentru că în acest caz există pericolul turtirii tuburilor de protecţie cu ocazia tencuirii zidului. Dimensiunile şanţurilor vor fi corespunzătoare numărului şi dimensiunilor tuburilor care se vor monta.

*În tavane nu se dăltuiesc şanţuri. Tubul de protecţie se montează peste planşeu* (deasupra tavanului), de unde intră apoi în încăpere, printr-o gaură făcută în mijlocul suprafeţei tavanului, pentru locul de lampă şi altele lîngă perete, pentru derivaţiile la doze.

Găurile pentru dozele montate îngropat se execută cu o adîncime corespunzătoare, în aşa fel încît marginea dozei gata montate să ţină seama că stratul de tencuială are de obicei grosimea de 1—1,5 cm.

În cazul în care dozele se instalează aparent, trebuie săpate în perete locaşurile pentru diblurile de lemn.

Străpungerea planşeelor din beton monolit se execută numai de jos în sus pe 2/3 din grosimea planşeului şi apoi se completează de sus în jos, aceasta pentru a nu slăbi rezistenţa plaşeului.

La planşeele din prefabricate, găurile se dau de obicei înainte de montarea elementelor pe planşee la locul lor. Grinzile prefabricate nu se străpung.

## 4. MONTAREA TUBURILOR DE PROTECŢIE

• **Lucrări pregătitoare.** Operaţiile de montare şi fixare a tuburilor de protecţie sînt precedate de unele lucrări pregătitoare, în cadrul cărora se confecţionează unele piese care asigură înnădirea tuburilor şi fixarea lor, se efectuează unele operaţii de tăiere şi îndoire etc.

*Tuburile IP se înnădesc între ele cu manşoane* (mufe) *din tablă plumbuită.*

Deşi fiecare tip IP se livrează cu cîte un manşon de legătură, în cele mai multe cazuri aceste manşoane nu sînt suficiente. Va fi deci necesar ca electricianul să-şi confecţioneze pe şantier numărul de manşoane de care are nevoie.

Trebuie să se dea o atenţie deosebită aşezării cap la cap a tuburilor care se înnădesc, în aşa fel încît distanţa dintre capetele tuburilor să fie cît mai mică.

*Îmbinarea* (înnădirea) *tuburilor* PCV-IP se face cu ajutorul diferitelor piese auxiliare : *curbe* (90°), *semicurbe* (45°) şi manşoane. Aceste piese auxiliare sînt prevăzute la ambele capete cu porţiuni lărgite (mufe), astfel încît să fie posibilă îmbinarea cu tubul de acelaşi diametru (fig. 3.6).

Se pot însă executa şi direct pe şantier manşoane de legătură din PCV, folosindu-se în acest scop prelucrarea prin deformare la cald a tubului PCV-IP. Se procedează astfel : se taie o bucată de tub de lungime

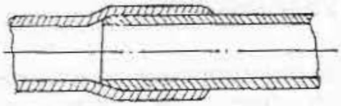


Fig. 3.6. Îmbinarea cu mufă a tuburilor PCV-IP.

corespunzătoare unui manșon prefabricat. Se încălzesc pe rînd capetele manșonului pînă la o temperatură de 130—140°C și se mufează cu ajutorul unui dorn calibrat.

Încălzirea capetelor tubului se face în baie de nisip, de ulei, cu lămpi cu benzină etc. Se va urmări ca încălzirea să fie uniformă la suprafață și în adîncime, iar deformarea (mufarea) și răcirea să se facă cît mai repede.

**Tăierea, îndoirea și filetarea tuburilor de protecție.** Înainte de a fi tăiate, tuburile de protecție se măsoară, potrivit traseului stabilit prin proiectul de execuție. Se ține seamă de curbele ce urmează a se face, de amplasarea dozelor de protecție, se folosește ferăstrăul pentru tăiat metale sau cleștele cu role.

• **Montarea și fixarea tuburilor de protecție.** *Tuburile de protecție IP montate aparent se fixează cu ajutorul unor brățări sau scoabe*, care sînt prinse la rîndul lor în dibluri.

Brățările se vor monta la 10 cm distanță de fiecare capăt al tubului, cotului sau dozei de pe traseu.

Cînd sînt *montate îngropat, tuburile IP se fixează în șanțuri prin agrafe.* Fiecare agrafă este confecționată dintr-o bucată de sîrmă de oțel de circa 1 mm grosime, legată de capătul unui cui. Cuiul se bate în fundul șanțului dăltuit, în dreptul unui rost dintre două cărămizi. După ce se introduce tubul în șanț, capetele sîrmei se împletesc, așa cum se arată în figura 3.7.

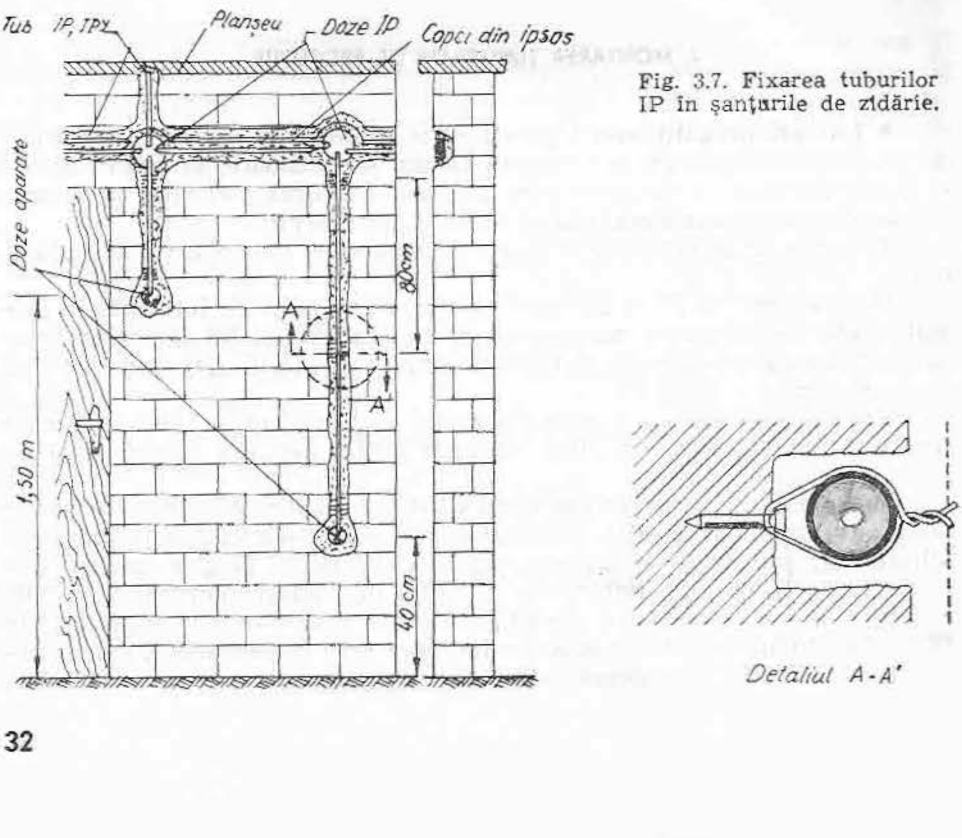



Fig. 3.7. Fixarea tuburilor IP în șanțurile de zidărie.

La instalațiile sub tencuială, în cazul cînd se succed mai mult decît trei curbe, se intercalează doze intermediare. Pe traseele în linie dreaptă, mai mari decît 10 m, trebuie intercalate doze de trecere.

*Montarea tuburilor P comportă operații asemănătoare celor necesare în cazul montării aparente a tuburilor IP.*

*Dacă tuburile P trebuie montate pe grinzi, ferme* etc. sau dacă se montează mai multe tuburi pe același traseu, se folosesc *diferite scoabe fixate direct pe dibluri în zid sau pe console*, așa cum se arată în figura 3.8.

*În montajul îngropat, tuburile PEL se fixează în mod asemănător tuburilor IP montate îngropat, iar montajul aparent este asemănător celui folosit în cazul tuburilor P.*

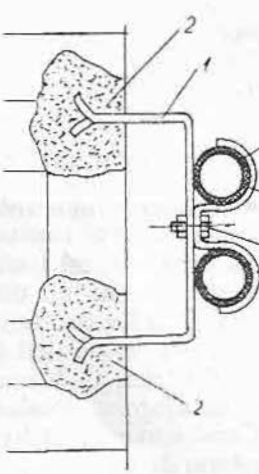



Fig. 3.8. Montarea tuburilor pe console:
1 — consolă; 2 — mortar de ciment; 3 — tub; 4 — scoabă; 5 — șurub cu piuliță.

*Instalațiile electrice în țevi de oțel se execută în mod asemănător instalațiilor în tuburi PEL pozate aparent sau montate sub pardoseală.*

*Țevile de oțel se pot monta* pe console și în canale vizitabile din beton, executate în pardoseală. În aceste canale țevile se așază la circa 10 cm deasupra fundului canalului.

• **Montarea tuburilor de protecție în construcțiile din elemente prefabricate.** În construcțiile cu pereți și planșee prefabricate, mai ales în cele pentru locuințe executate din panouri mari, montarea tuburilor IP sau PCV se face uneori chiar în interiorul masei de beton a panoului.

*Executarea instalațiilor electrice folosind tehnologia de înglobare în panourile de beton a dozelor și tuburilor de protecție din PCV prezintă avantajul* că o parte din manopera executată pe șantier este transferată în fabrică și în acest fel se reduce timpul de execuție în șantier, se asigură o calitate mai bună a lucrărilor de instalații electrice și o creștere a productivității. *Turnarea betonului se face în tipare* așezate atît în poziție orizontală cît și verticală.

*Racordarea tuburilor din pereți cu cele din planșee* este o operație care se execută pe șantier și la care se cere foarte multă atenție.

*După montarea panourilor, înainte de monolitizare este necesară executarea lucrărilor de racordare a instalației între pereți și planșee.* Această operație se face cu ajutorul tubului flexibil din PCV care permite executarea curbelor. După montare trebuie avut în vedere introducerea unei sîrme din oțel cu ajutorul căreia să se tragă conductoarele. În acest fel se face o verificare a tuburilor, montate în panouri, care se mai întîmplă să vină din fabrică înfundate cu lapte de ciment.

*După operația de racordare a întregii instalații urmează tragerea conductoarelor și executarea legăturilor care se face ca la instalațiile sub tencuială.*

*Conductoarele pot fi introduse în tuburi chiar la fabrica de prefabricate*, transportîndu-se astfel pe șantier cu instalația în tub gata executată, urmînd ca după montarea panourilor prefabricate să se facă legăturile în

doze şi legăturile între conductoarele de pe pereţii diferiţi ai camerei respective.

*Se foloseşte şi sistemul cu şliţuri şi canale, lăsate la turnare în panourile prefabricate*, în care se introduc la montaj conductoarele electrice.

## 5. MONTAREA CONDUCTOARELOR

• **Montarea aparentă a conductoarelor.** *Conductoarele electrice care compun circuitele instalaţiilor electrice au caracter de lungă durată* (instalaţii permanente) *trebuie protejate prin tuburi protectoare. Cînd instalaţiile electrice au un caracter de scurtă durată* (nepermanent), fiind destinate diferitelor construcţii de pe şantiere, iluminării încăperilor în timpul tencuirii sau zugrăvirii lor etc., *conductoarele se montează aparent* (fără să mai fie trase în tuburi protectoare), *fixîndu-se direct pe pereţi sau pe tavan, cu ajutorul rolelor.*

Conductoarele utilizate în mod normal în astfel de instalaţii sînt cele cu izolaţie de cauciuc precum şi conductoarele izolate rezistente la intemperii.

Conductoarele de cupru montate pe role trebuie să aibă secţiunea de minimum 1,5 mm$^2$, iar cele de aluminiu de minimum 4 mm$^2$.

Procedeul cel mai simplu de fixare a rolelor este acela al fixării lor pe dibluri de lemn.

Fixarea conductoarelor pe role se face prin legare cu sîrmă de oţel zincat. În locul unde se face această operaţie este bine să se înfăşoare întîi conductoarele cu bandă izolantă şi apoi să se execute legarea cu sîrmă de oţel. Înnădirea conductoarelor precum şi executarea ramificaţiilor se realizează prin răsucirea capetelor conductoarelor respective.

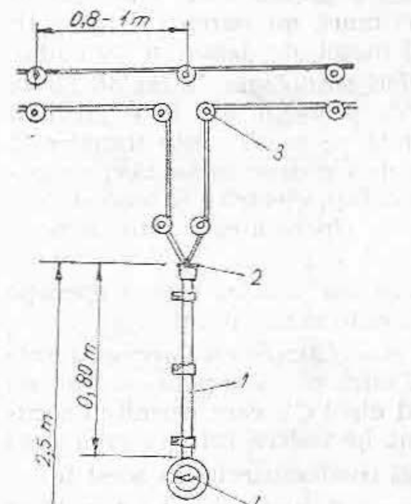



Fig. 3.9. Protejarea conductoarelor la locurile de coborîre:
1 — tub de protecţie; 2 — inel de porţelan; 3 — rolă; 4 — întreruptor.

Conductoarele care coboară spre motoare electrice, întreruptoare, comutatoare, prize etc. se introduc în tuburi de protecţie, începînd de la o înălţime de circa 2,5 m deasupra podelei (fig. 3.9).

Trecerea conductoarelor prin perete, prin planşeele dintre etaje etc. se face introducîndu-se conductoarele în tuburi de protecţie.

• **Tragerea conductoarelor în tuburi de protecţie şi executarea legăturilor între conductoare.** Conductoarele se introduc în tuburi numai după ce tencuiala în care sînt îngropate tuburile s-a uscat.

Conductoarele aceluiaşi circuit trifazat, inclusiv conductorul neutru, se introduc în acelaşi tub. În instalaţiile pentru curent continuu se poate introduce cîte un conductor în tub separat.

**Tragerea conductoarelor de cupru.** Înainte de introducerea conductorului în tub, capătul conductorului se îndoaie, pentru a nu se agăța de izolația interioară a tubului sau de asperitățile existente în interiorul tubului.

Se introduce apoi conductorul printr-un capăt (de exemplu printr-o doză) și se împinge cu atenție în tub pînă cînd conductorul apare la celălalt capăt al tubului (doza următoare).

*Dacă într-un tub se introduc mai multe conductoare, procedeul este următorul :* se dezizolează capetele conductoarelor, pe o lungime de 4—5 cm, se leagă împreună (se răsucesc) și se prind de ochiul unei panglici de oțel foarte elastice.

Această panglică de oțel are lungimea de 10—15 m și lățimea de 3—5 mm și este prevăzută la un capăt cu un ochi de care se prind conductoarele, iar la celălalt cu o bilă de oțel. Panglica de oțel se introduce pe tub cu capătul prevăzut cu bilă și se împinge în tub pînă cînd iese în doză prin celălalt capăt al său.

În lipsa panglicii de oțel se poate folosi o sîrmă de oțel zincat (∅ 1—1,5 mm), împletită la un capăt pentru a forma un ochi, de care se leagă conductoarele. Această sîrmă se montează în fiecare porțiune de tub, odată cu instalarea tubului respectiv. Operația de tragere a conductoarelor se execută de către doi muncitori : unul trage panglica (de care sînt legate conductoarele), iar al doilea împinge conductoarele în tub prin doza de la celălalt capăt.

*Dacă instalațiile se execută în tuburi pozate aparent, conductoarele pot fi trase în tuburi odată cu montarea acestora.* În acest scop, înainte de a fi introduse în tub, conductoarele se taie la lungimea necesară. Trebuie precizat însă că introducerea conductoarelor odată cu montarea tuburilor aparent este permisă numai în clădiri perfect uscate.

*Legăturile conductoarelor de cupru în doze se execută prin lipire* (uneori prin sudare) *sau cu ajutorul clemelor speciale,* prevăzute cu șuruburi.

*Legăturile prin lipire se execută astfel :* se dezizolează capetele conductoarelor pe o lungime de 2—3 cm și se curăță bine cu briceagul. Se unesc apoi capetele curățite și se răsucesc cu ajutorul cleștelui plat. Porțiunea răsucită se unge cu pastă decapantă și se introduce într-o lingură în care se găsește aliajul de lipit în stare topită (cositor+plumb). După lipire, fiecare legătură se izolează separat cu bandă de cauciuc și apoi cu bandă izolatoare.

Folosirea ca decapant a apei tari este interzisă.

**Tragerea conductoarelor de aluminiu.** Introducerea conductoarelor de aluminiu în tuburi *se execută numai prin împingere,* și *nu prin tragere.* Aceasta din cauză că aluminiul este puțin rezistent și conductoarele se pot alungi, micșorîndu-și astfel secțiunea, sau se pot rupe. Din același motiv trebuie evitate și ochiurile, nodurile sau îndoiturile bruște în unghi drept.

Sculele care au servit la instalarea conductoarelor de cupru nu mai pot fi folosite și pentru instalarea conductoarelor de aluminiu.

Conductoarele de aluminiu se instalează în tuburi bine uscate și curățite în interior. Pentru aceasta se introduc în tub, cu ajutorul unei sîrme de oțel, un dop de cauciuc, o perie cilindrică de sîrmă sau, la nevoie, numai un șomoiog de cîlți.

*Legăturile dintre conductoarele de aluminiu se fac cu ajutorul clemelor de legătură prevăzute cu șaibă arcuită sau cu ajutorul altor dispozitive de strîngere, care să asigure o presiune permanentă între conductoare și clemele de legătură.*

Îmbinările între conductoarele de cupru și cele de aluminiu se fac numai în cazuri extreme și anume, prin folosirea clemelor speciale de cupal.

• **Montarea conductoarelor INTENC.** *Conductoarele INTENC se montează aparent, sau îngropat, fără a se mai introduce în tuburi de protecție.* Prinderea acestor conductoare pe pereți se face cu ajutorul cuielor cu floare mică. Aceste cuie se bat în banda (puntea) de mijloc care unește cele două sau trei conductoare ale conductei INTENC. În locul cuielor se pot folosi și copci de ipsos, așezate la o distanță de 25—30 cm una de alta.

Dacă tencuiala este executată, conductele pot fi introduse într-un șanț tăiat, în acest scop, în tencuială.

La traversările pereților sau planșeelor mai groase de 7 cm, conductele INTENC se protejează în tuburi IP sau PCV-IP.

Aparent, conductoarele se montează în barăci provizorii, pe suprafețele tencuite, pe ferme din materiale necombustibile sau pe ferme metalice, a căror suprafață se acoperă cu lac.

Conductele INTENC se așază într-un singur strat și la o distanță de cel puțin 2 cm una de alta. Pentru realizarea curburilor se taie puntea de cauciuc sau de material plastic dintre conductoare.

Conductele se îmbină și se ramifică în doze în care se lasă o rezervă de circa 7 cm (în doze de aparat) și 15 cm la corpurile de iluminat.

Conductele INTENC montate peste planșee se protejează cu un strat de mortar de ciment sau cu alt material protector.

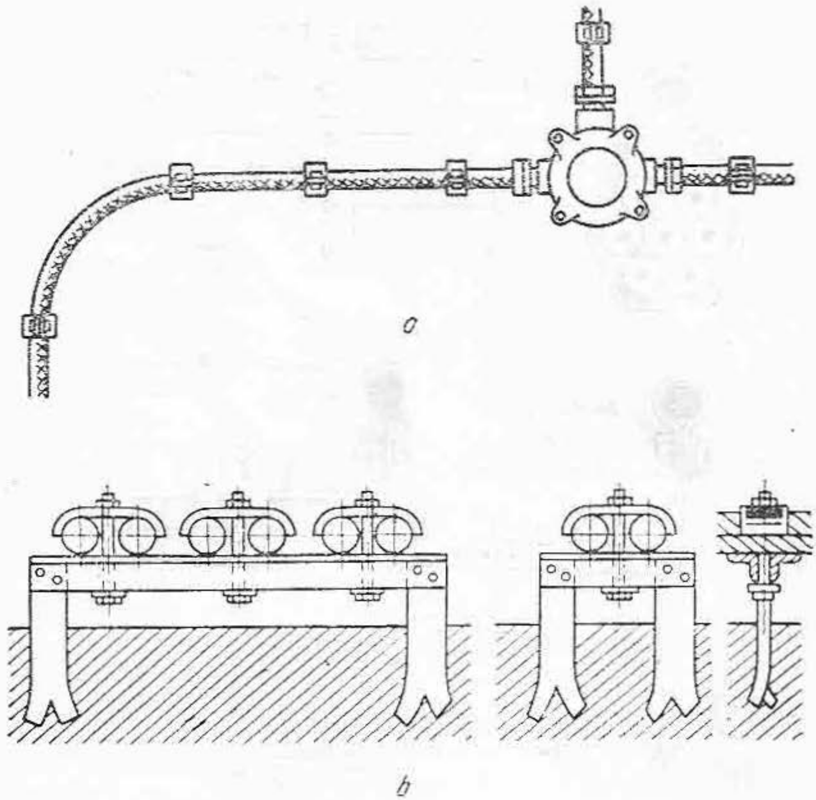
**Montarea aparentă a cablurilor.** În anumite ramuri industriale, unde se întîlnesc încăperi în care este de obicei umezeală, sau în care se degajează vapori și gaze, care pot ataca izolația conductoarelor, se folosesc cabluri cu izolația de cauciuc și cu manta de plumb montate aparent.

*Fixarea acestor cabluri pe pereți se face fie cu ajutorul scoabelor, fie cu ajutorul consolelor metalice,* în mod asemănător fixării tuburilor de protecție (fig. 3.10, *a*, *b*). În încăperile permanent umede, unde distanța dintre cablu și perete trebuie să fie de minimum 1 cm, fixarea cablurilor se face prin brățări speciale, montate în perete, așa cum se arată în figura 3.10, *c*.

Distanțele dintre brățările de fixare se aleg în funcție de grosimea cablului, astfel încît acestea să nu se curbeze datorită propriei lui greutăți.

Pentru a se feri mantaua de plumb a cablurilor de deteriorări mecanice, în cazul montării lor pe pereții încăperilor, cablurile se introduc în țevi de oțel pînă la o înălțime de 2,5 m de la podea.

Înnădirea cablurilor, precum și ramificațiile acestora în diferite direcții se execută în doze sau în cutii de ramificație.



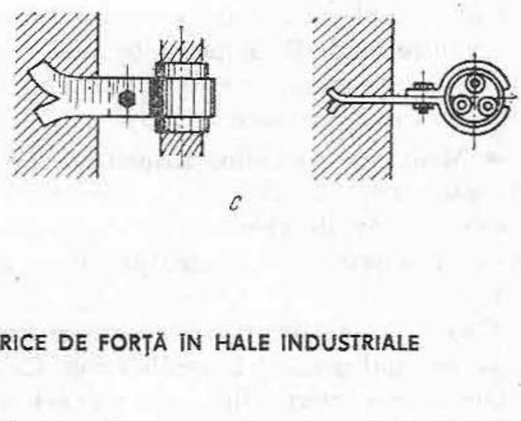


Fig. 3.10. Fixarea cablurilor: a — cu scoabe; b — cu console; c — cu brățări.

## 6. INSTALAȚII ELECTRICE DE FORȚĂ ÎN HALE INDUSTRIALE

Pentru alimentarea mașinilor-unelte sau a altor receptoare de forță, instalațiile electrice de joasă tensiune se pot executa subteran în canale de cabluri sau aerian cu cabluri suspendate, pe poduri de cabluri sau prin bare de alimentare.

• **Montarea cablurilor în canale.** Cablurile pot fi montate în canale de zidărie sau de beton special executate, așezîndu-se fie libere, pe fundul canalului, fie pe suporți metalici fixați pe pereții canalului. Lăți-

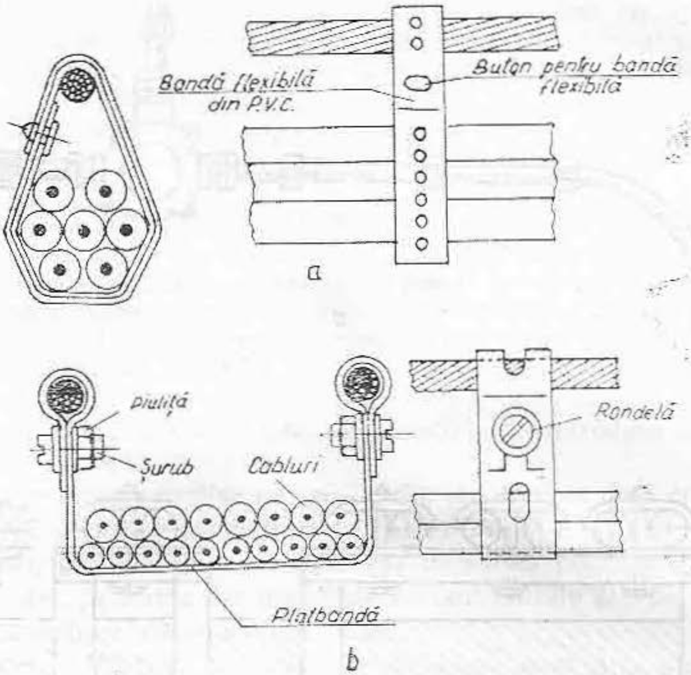



Fig. 3.11. Poduri de cabluri :
a — vertical ; b — orizontal.

mea și adîncimea canalelor trebuie să fie minimum 300 mm. Canalele se acoperă cu plăci (dale) de beton sau de tablă striată.

În intreprinderile importante, unde numărul de cabluri pe un anumit traseu este mare, acestea se montează în tunele pentru cabluri, fixîndu-se pe console metalice.

• **Montarea cablurilor suspendate pe tendoane.** Trasarea instalației stabilește poziția de montare a elementelor de întindere și de susținere ale cablului. Aceste elemente se vor monta pe elementele de construcție, care au fost prevăzute pentru preluarea eforturilor de susținere ale cablurilor electrice.

Cablul de oțel pentru susținere se fixează la un cap. După întinderea sa, se rigidizează și la celălalt cap. Cablul electric se derulează de pe tambur și prin intermediul unei role este dirijat de-a lungul traseului de montaj. Cablul este tras prin intermediul unui troliu.

Inelele sau bridele de suspensie care din cauza deplasării cablului s-au distanțat între ele, vor fi readuse la distanțe egale cu ajutorul unei cîngi.

• **Montarea podurilor de cabluri.** Podurile de cabluri (fig. 3.11) sînt sisteme de susținere a cablurilor formate din elemente metalice longitudinale, denumite longeroane, și elemente de susținere ale cablurilor trans-

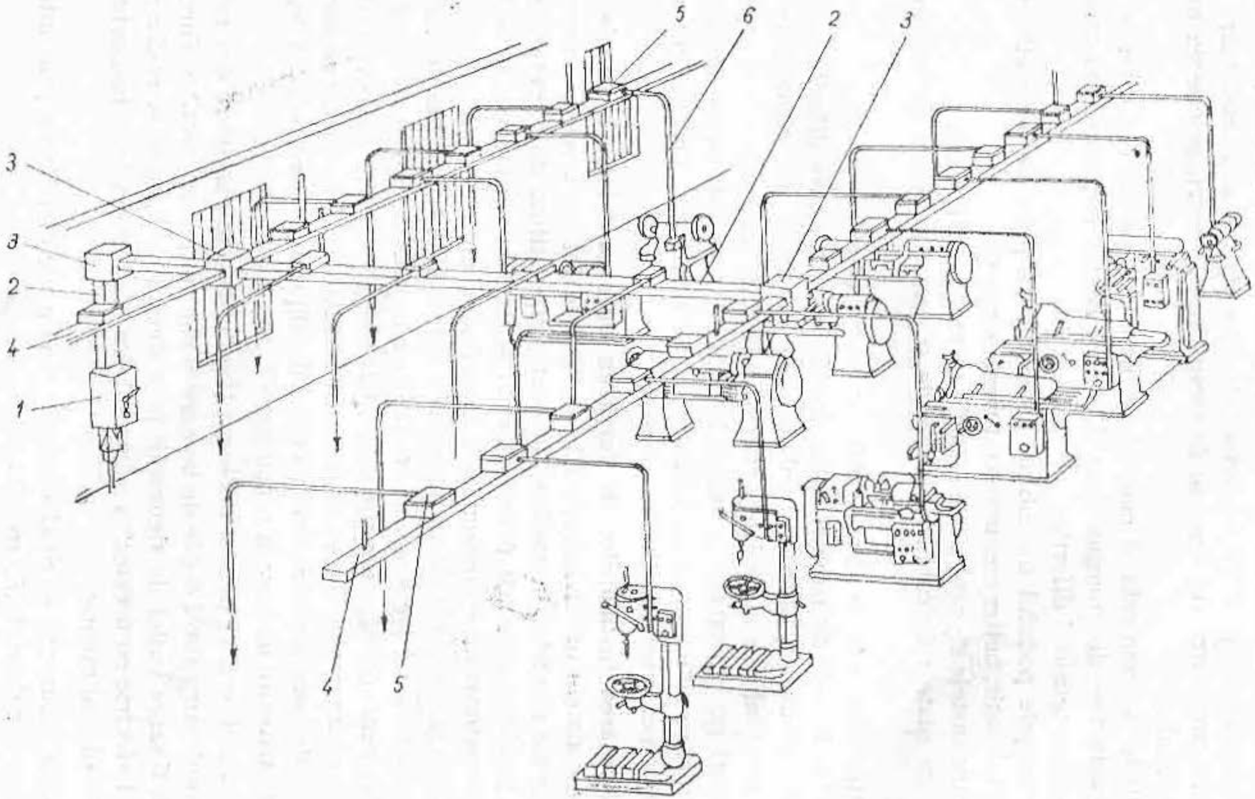



Fig. 3.12. Exemplu de distribuție cu bare protejate pentru un atelier mecanic :
1 — tablou de distribuție ; 2 — magistrală cu bare ; 3 — cutie universală ; 4 — distribuție secundară ; 5 — cutii cu siguranțe ; 6 — coloană în tub de protecție pentru alimentarea receptoarelor.

versale pe traseu. Transversalele pentru susținerea cablurilor se montează cîte trei bucăți pe metru liniar de pod.

Punctele de prindere ale podurilor de cabluri se pot aplica pe ferme, pe pereți, pe grinzi și plăci de beton etc. Pentru distanțe mai mari de 5 000—6 000 mm între reazeme se folosesc tiranți pentru prinderea mijlocului profilului.

Cablurile de comandă și control se montează pe paliere diferite de cele ale cablurilor de energie, care și ele, la rîndul lor, vor avea trasee diferite pentru tensiuni diferite.

Între etajele podului de cabluri se montează plăci de separație din azbociment, bazalt, beton etc. în următoarele situații :

— între rastele de cabluri de energie cu tensiuni diferite ;

— între rastele de cabluri de energie și cele cu cabluri de comandă și control ;

— între rastele de cabluri cu diferite destinații ;

— între rastele de cabluri avînd învelișuri exterioare diferite.

Pentru pozarea cablurilor tamburele se instalează pe cricuri într-un loc ușor accesibil din apropierea traseului. Cablul este derulat și purtat de muncitori pe umeri sau în mîini în lungul traseului. După ce cablul a fost întins, se ridică manual pe patul de cabluri. După pozarea tuturor cablurilor pe pat urmează fixarea acestora.

• **Executarea instalațiilor de forță cu bare protejate în canale de tablă.** Acest sistem de distribuție (fig. 3.12) este folosit pentru alimentarea cu energie electrică în ateliere, laboratoare, institute de cercetare etc. deoarece prezintă avantaje foarte mari la schimbarea traseelor, la adăugarea sau scoaterea unor consumatori, la extinderi etc.

Canalele au secțiune dreptunghiulară avînd îmbrăcămintea din tablă de oțel. În interiorul lor sînt așezate patru bare din aluminiu montate în suporți din lemn de fag fiert în ulei, material plastic sau bachelită. Racordarea consumatorilor în orice punct din traseu se face prin branșarea la sistemul de bare a unor cutii speciale de siguranțe, care asigură legătura dintre sistemul de bare și consumatori.

*Cutia cu siguranțe pentru derivații* (fig. 3.13) este executată din tablă de oțel avînd patru furci duble de broșare și siguranțele respective. Furcile servesc la fixarea cutiei de siguranțe pe sistemul de bare și la realizarea racordului electric cu acestea a siguranțelor de protecție și respectiv a consumatorului alimentat.

Cutia de siguranță se rigidizează de canalul de distribuție prin intermediul unor șuruburi de fixare.

Carcasele metalice ale canalelor magistrale și de distribuție și cele ale cutiilor de siguranțe se leagă electric la bara de nul.

Canalele de cablu se sprijină pe console fixate pe ziduri sau stîlpi, pe stîlpi independenți de clădire sau pe fermele halelor.

Montarea segmentelor de canale de bare și a barelor se face ținîndu-se seamă de faptul că traseele au lungimi mari. Asamblarea se face la sol realizîndu-se un tronson de o anumită lungime. Scripeții care servesc la ridicare trebuie să aibă puncte fixe de reazeme, să nu scape în timpul ridicării, care la rîndul ei trebuie să decurgă în mod uniform, continuu fără opriri sau porniri bruște.

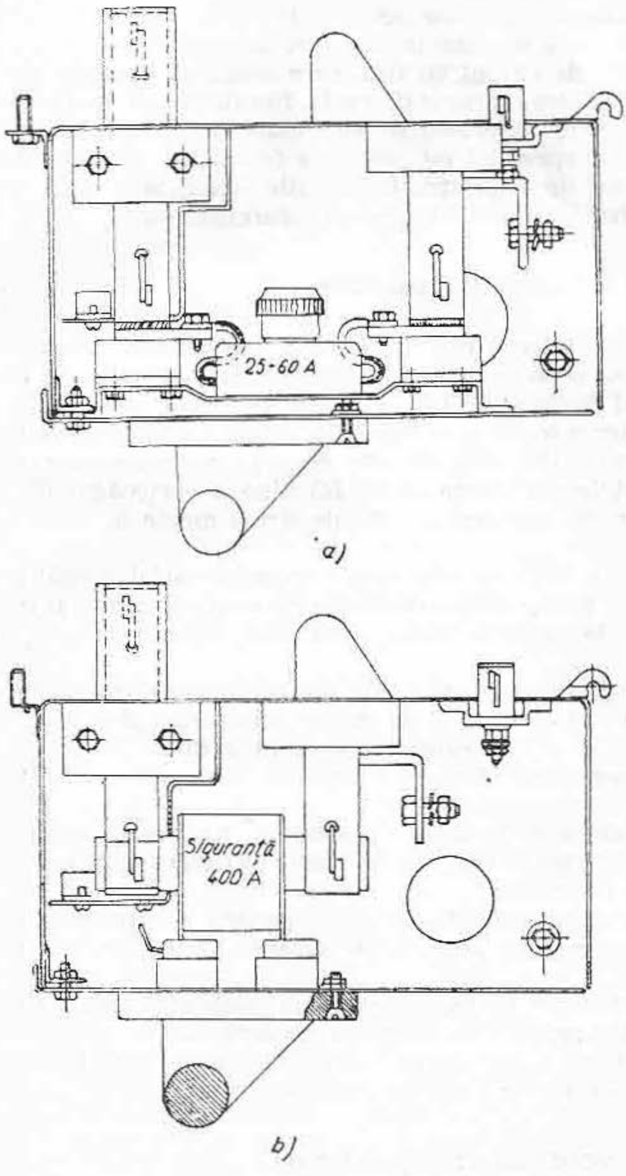



Fig. 3.13. Cutie cu siguranțe :
a — cu siguranțe LF ; b — cu siguranțe MPR.

## D. MONTAREA APARATELOR DE CONECTARE, COMANDĂ ȘI PROTECȚIE

Aparatele electrice de conectare și protecție pentru instalații interioare au o construcție simplă care asigură o manevrare ușoară.

Printre cele mai utilizate aparate de conectare se menționează :

— **întreruptoarele,** care închid sau deschid unul sau mai multe circuite electrice sub sarcină ;

— **comutatoarele,** care servesc la modificarea, în mod succesiv, a conexiunilor unuia sau mai multor circuite electrice ;

— **prizele de curent cu fișă,** care leagă un receptor de energie electrică (lampă de birou, aparat de radio, fier de călcat etc.).

Aparatele de conectare se montează în locurile care au fost însemnate în timpul operației de trasare a instalației electrice interioare și în care s-au fixat doze (pentru instalațiile executate sub tencuială) sau dibluri (pentru instalațiile executate aparent).

### 1. MONTAREA ÎNTRERUPTOARELOR

— Se demontează mai întîi placa sau capacul aparatului, desfăcîndu-se în acest scop șuruburile. Prin aceasta, clemele de legătură ale întreruptorului devin accesibile.

— Se dezizolează apoi capetele conductoarelor circuitului pe o lungime de circa 1 cm, atît cît este necesar pentru executarea legăturii la borne. Capetele dezizolate se curăță bine cu briceagul (în cazul conductoarelor de cupru, sau cu o perie de sîrmă moale în cazul conductoarelor de aluminiu).

— Se introduc capetele conductoarelor astfel pregătite în locașurile bornelor și se strîng bine șuruburile de contact, fără a fi însă forțate, deoarece se poate distruge filetul șurubului, fapt ce duce la obținerea unui contact mai slab.

— Se slăbesc șuruburile care țin desfăcute ghearele de fixare, se introduce aparatul în doză și se strîng șuruburile pînă cînd ghearele, desfăcîndu-se, fixează întreruptorul de peretele dozei.

— Se montează placa sau capacul întreruptorului, fixîndu-se prin șuruburi.

La introducerea în doză a aparatului trebuie ca așezarea conductoarelor să fie cît mai liberă, iar la fixarea aparatului rama lui să fie lipită de suprafața peretelui.

Dacă întreruptorul este construit pentru a fi montat aparent, tehnologia de montare este aceeași, iar fixarea se face în dibluri, cu ajutorul șuruburilor.

Întreruptoarele se montează după necesități, pentru a acționa unul sau mai multe corpuri de iluminat deodată. Ele se conectează la conductorul de fază, nu la cel de nul, pentru ca atunci cînd aparatul este deschis, lampa să nu se mai afle sub tensiune.

### 2. MONTAREA COMUTATOARELOR

Comutatoarele se folosesc cînd se urmărește să se aprindă o parte sau toate lămpile unei lustre, unul sau mai multe corpuri de iluminat.

*Montarea aparentă sau îngropată a comutatoarelor, precum și fixarea conductoarelor circuitului în locașurile clemelor respective, se face în mod asemănător ca la întrerupătoare.*

În cazul comutatoarelor, sînt necesare însă, pe lîngă conductorul de fază și cel de nul, încă unul sau două conductoare suplimentare de nul, după tipul comutatorului folosit (de exemplu: comutator serie, de scară sau comutator-cruce).

În figura 3.14 sînt reprezentate schemele de conexiuni ale întreruptoarelor și comutatoarelor.

Astfel, *la comutatorul serie*, conductorul de fază se leagă la clema 2, iar conductoarele de nul ale lămpilor *A* și *B* se leagă la clemele *1* și *3*. În poziția în care comutatorul serie stabilește contactul între clemele *1*, *2* și *3* vor arde amîndouă lămpile. Rotind comutatorul cu 90° spre dreapta, se stabilește contactul numai între clemele *3* și *2*, astfel încît lampa *A* se stinge, iar lampa *B* continuă să ardă.

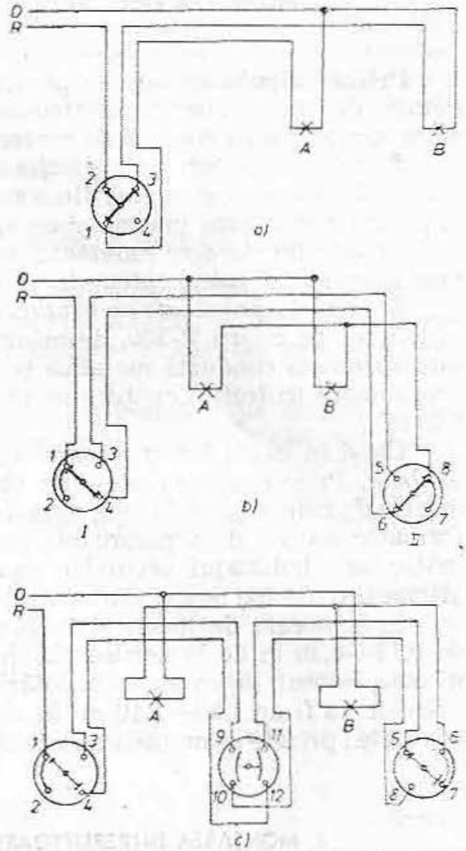



Fig. 3.14. Schemele de conexiuni ale întreruptoarelor și comutatoarelor pentru instalații de iluminat.

La instalația cu *comutator de scară* (comutator de capăt), sînt posibile conectarea și deconectarea unui circuit din două locuri diferite, legăturile făcîndu-se ca în figura 3.14, *b*. În poziția *1—4* a comutatorului de scară *I*, comutatorul *II* fiind în poziția *6—8*, se vor aprinde amîndouă lămpile (*A* și *B*). În figură se vede că lămpile *A* și *B* se pot aprinde sau se pot stinge de la oricare dintre cele două comutatoare, indiferent de poziția pe care o au contactele unuia față de celălalt.

*Comutatorul-cruce* permite conectarea unui circuit din mai multe locuri. Între două comutatoare de scară (de capăt) se pot intercala oricîte comutatoare-cruce sînt necesare.

Întreruptoarele și comutatoarele prezentate mai sus sînt utilizate în încăperi cu mediu normal, lipsite de praf și umezeală.

*În camerele de baie și în bucătării nu se instalează întreruptoare.* Acționarea corpurilor de iluminat din aceste încăperi se face de la întreruptoarele montate în exterior (lîngă ușa de intrare). Dacă nu este posibilă această soluție, atunci se va utiliza aparataj de tip special protejat contra umidității.

Întreruptoarele și comutatoarele se montează, de regulă, la o înălțime de 1,50 m de la pardoseală.

## 3. MONTAREA PRIZELOR

**Prizele bipolare** folosite pentru alimentarea receptoarelor mobile (lămpi de masă, aparate electrocasnice etc.) se construiesc *fără contact de protecție sau cu contact de protecție.*

*Prizele cu contact de protecție* se folosesc în încăperile cu pardoseală neizolată (mozaic, beton etc.) din construcțiile civile și industriale, precum și pentru racordarea mașinilor de spălat rufe, a răcitoarelor electrice etc.

*Prizele bipolare se montează aparent sau îngropate sub tencuială, în mod asemănător întreruptoarelor și comutatoarelor.*

La *prizele prevăzute cu contact de protecție,* acestea se leagă printr-un conductor de cupru F-500, de minimum 2,5 $mm^2$ (montat în tub), de cea mai apropiată conductă metalică pentru apă caldă, sau la nulul firidei de branșament (cofret). Legătura se face prin lipire sau printr-o brățară metalică.

Ca și în cazul întreruptoarelor, *prizele nu se montează în camerele de baie.* Prizele pentru mașinile electrice de bărbierit se pot monta în camerele de baie lîngă chiuvetă, numai dacă sînt alimentate printr-un transformator special de separare cu o putere de cel mult 15 W. Acest transformator are bobinajul secundar separat de cel primar și se montează îngropat într-un loc neaccesibil, avînd carcasa legată la pămînt.

În camerele de locuit și în birouri prizele se fixează la o înălțime de 0,15—0,30 m de la pardoseală. În încăperile cu pardoseli neizolate (cu mozaic, beton), de exemplu bucătării, ateliere etc., înălțimea de montare a prizelor va fi de 1,20—1,40 m. În creșe, grădinițe de copii, camere pentru copii etc., prizele se montează la 1,50 m înălțime de la podea.

## 4. MONTAREA ÎNTRERUPTOARELOR ȘI COMUTATOARELOR PACHET ȘI A ÎNTRERUPTOARELOR CU PÎRGHIE

• Pentru întreruperea și comutarea circuitelor de lumină și de forță, se utilizează **întreruptoare** și **comutatoare pachet.** Ele pot fi bipolare sau tripolare.

*Atunci cînd sînt utilizate pentru conectarea sau deconectarea circuitelor care pleacă de la tablourile de distribuție sau pentru acționarea diferitelor utilaje, întreruptoarele pachet se montează pe tablourile de distribuție, pe schelete metalice* fixate în pardoseală lîngă utilajele pe care le deservesc, *sau direct pe corpul utilajului respectiv.*

*Dacă sînt folosite pentru acționarea unor corpuri de iluminat ce totalizează puteri mari* (caz frecvent în întreprinderile industriale) *și deci intensități mari de curent, întreruptoarele și comutatoarele pachet se montează aparent pe pereți, pe dibluri de lemn.* Fixarea lor se face prin șuruburi introduse în urechile de fixare aflate pe talpa (baza) aparatelor.

Întreruptoarele și comutatoarele pachet pot fi utilizate numai în încăperi uscate, cu atmosferă lipsită de pulberi, sau gaze inflamabile.

• **Întreruptoarele cu pîrghie** servesc și ele la întreruperea și separarea circuitelor de forță și lumină, străbătute de intensități de curent mai mari.

*Întreruptoarele cu pîrghie* monopolare sau tripolare *se fixează pe placa tabloului de distribuție prin șuruburi cu piuliță.*

*Conductoarele circuitelor comandate se leagă la fiecare furcă prin papuci. Întreruptoarele cu pîrghie se montează în poziția verticală*, astfel încît deschiderea circuitului să se facă prin acționarea în jos a mînerului. *Alimentarea se face la bornele superioare, iar plecările circuitului spre receptoare se leagă la bornele inferioare.*

Acționarea se face manual, prin intermediul unui mîner din material izolant.

### 5. MONTAREA ÎNTRERUPTOARELOR ȘI PRIZELOR ETANȘE

În încăperile cu praf (necombustibil), în cele umede sau în care se degajează vapori de apă, în încăperile cu mediu corosiv, se instalează întreruptoare, comutatoare și prize etanșe închise în carcase metalice protectoare

• **Întreruptoarele** *se montează aparent, fixîndu-se pe dibluri* cu șuruburi introduse în locașurile anume destinate pe talpa carcasei aparatului.

Cînd instalarea acestor aparate se face pe pereți de lemn, se introduce între întreruptor și perete o placă din material necombustibil (azbest etc.).

• **Prizele etanșe** monofazate și trifazate sînt utilizate pentru alimentarea receptoarelor mobile industriale (mașini de găurit manuale, transformatoare de sudură etc.) în locurile unde există atmosferă umedă, pericol de atingere a pieselor sub tensiune, precum și unde există pericol de lovire.

Prizele sînt prevăzute cu cîte o bornă pentru legarea la priza de pămînt.

*Prizele etanșe se montează, de regulă, în plan vertical și se fixează la locul de montaj prin șuruburi introduse în urechile de fixare ale prizei.*

Conductoarele de alimentare trase în tuburi IPE se introduc prin orificiul de racordare al tubului la priză. Capetele conductoarelor de alimentare, dezizolate, se leagă la borne. Acestea devin accesibile prin desfacerea celor două șuruburi care fixează capacul prizei de corpul ei și prin îndepărtarea capacului.

Etanșarea dintre carcasă și capac se asigură prin *garnituri de etanșare.*

## E. MONTAREA CORPURILOR DE ILUMINAT

**Corpurile de iluminat** sînt *dispozitive care fixează lămpile (becurile) electrice și permit alimentarea lor cu energie electrică.*

### 1. MONTAREA CORPURILOR DE ILUMINAT PENTRU LĂMPI CU INCANDESCENȚĂ

Corpurile de iluminat se pot instala fie prin suspendare de tija lor metalică fie prin fixarea directă pe pereți sau de tavan.

• **La montajul suspendat,** corpul de iluminat se agață de un cîrlig fixat mai dinainte de tavanul încăperii. Acest cîrlig, numit cîrlig de plafon, se prinde de tavan cu ajutorul unui diblu de lemn sau metal. Cîrligul de plafon se fixează apoi cu mortar de ciment.

Trasarea locurilor unde se fixează corpurile de iluminat se face în funcție de felul în care este construit tavanul (neted sau cu grinzi vizibile) și de numărul corpurilor de iluminat prevăzute să se instaleze în încăperi.

*Legăturile între instalația interioară și corpul de iluminat se execută fie cu ajutorul clemelor, fie prin răsucirea conductoarelor cu cleștele plat. Legăturile trebuie bine izolate cu bandă izolantă,* pentru a nu se produce scurtcircuite prin atingerea capetelor conductoarelor insuficient izolate de cîrligul de plafon sau de corpul de iluminat.

*Legarea conductoarelor la dulia corpului de iluminat* se face în modul următor (fig. 3.15, *a*) : se deșurubează inelul de porțelan *1* și mantaua duliei *2*, ajungîndu-se în acest fel la miezul de porțelan *4*, pe care sînt fixate clemele de legătură *6* și *7*. Se leagă apoi conductoarele corespunzătoare, îndoindu-se în formă de ochi capetele dezizolate ale conductoarelor (pozițiile *A* și *B* din fig. 3.15, *b*), după care se strîng șuruburile clemelor *8*. Se izolează porțiunea *5* a conductoarelor, care iese din dulie, se verifică dacă firele dezizolate nu se ating între ele sau nu ating mantaua duliei și apoi se montează dulia.

Conductoarele *3* se trag în interiorul tijei de susținere a corpului de iluminat. Nici corpurile de iluminat, nici măcar duliile simple, nu trebuie să fie atîrnate de conductoare, deoarece, acestea se pot deforma sau se pot rupe. În figura 8.15, *c* se arată modul în care se fixează un corp de iluminat de cîrligul de plafon, precum și legăturile electrice făcute între conductoarele corpului și conductoarele instalației fixe.

*La montarea corpurilor de iluminat, conductorul de nul se leagă totdeauna de filetul duliei,* respectiv la contactul exterior al duliei, din care cauză se recomandă a folosi drept fir de nul un conductor care are o culoare deosebită a îmbrăcămintei exterioare sau un fir de control diferit de conductoarele de fază.

• **Montarea corpurilor de iluminat pe pereți**, în încăperi uscate sau umede cu intermitență, se face prin fixarea lor cu șuruburi în dibluri de lemn îngropate sub tencuială.

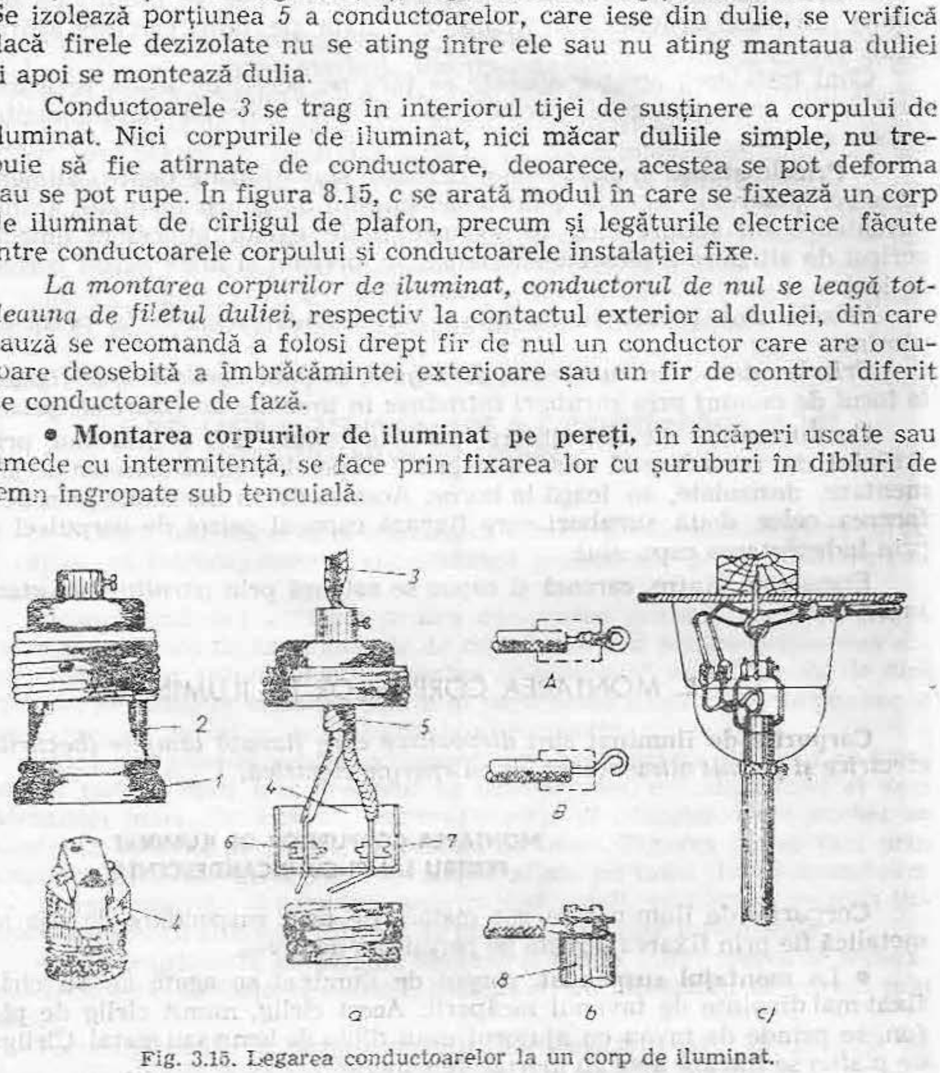



Fig. 3.15. Legarea conductoarelor la un corp de iluminat.

In încăperi umede, cu gaze corosive etc. se folosesc corpuri de iluminat impermeabile sau etanșe. Ele se racordează la circuitul de alimentare fie direct, fie prin intermediul unei doze de tavan, prevăzută cu un ștuț filetat la care se înșurubează un niplu dublu. De acest niplu se fixează corpul de iluminat.

### 2. MONTAREA CORPURILOR DE ILUMINAT PENTRU LĂMPI CU LUMINESCENȚĂ (FLUORESCENTE, CU DESCĂRCĂRI ÎN GAZE ȘI VAPORI DE MERCUR)

Corpurile de iluminat fluorescente sînt livrate asamblate pe o carcasă metalică în formă de cutie sau de jgheab, în care se află starterul, bobina de șoc și clemele pentru racordare la rețeaua de alimentare cu energie electrică. Dulia starterului are o construcție specială, iar starterul se fixează pe ea prin două prelungiri metalice în formă de piciorușe.

Lampa fluorescentă se fixează în cele două dulii de la capetele corpurilor de iluminat, răsucindu-se ușor pînă cînd contactele lămpii au intrat în locașurile duliilor.

Corpurile de iluminat fluorescente se montează fie la distanță unul de altul (montaj individual), fie așezate cap la cap (montaj în bandă).

*Montarea lor la tavanul încăperii respective se poate face prin suspendarea cu tije sau cu lanțuri metalice sau prinse direct pe tavan.*

*Montajul corpurilor de iluminat fără distanță față de tavan se face prin fixarea cu șuruburi a fundului carcasei, de diblurile introduse în prealabil în tavan.*

După aceasta se fixează cu șuruburi corpul lămpii pe carcasă.

Tijele de suspensie se agață cu un capăt de plafon printr-un cîrlig montat în placa de beton. Celălalt capăt se înșurubează în corpul lămpii.

## F. MONTAREA MAȘINILOR ELECTRICE

În privința montării mașinilor electrice se deosebesc trei cazuri, după puterea mașinii.

### 1. MONTAREA MAȘINILOR ELECTRICE DE PUTERE MICĂ

Montarea este ușoară, datorită gabaritului redus, greutății relativ scăzute și ușurinței în manipulare. După modul de instalare se pot deosebi : mașini instalate normal, pe perete sau pe tavan, orizontal sau vertical.

*Fixarea mașinilor se face pe fundații de beton* în care sînt încastrate buloane sau șine metalice. Lagărele cer ca axul să fie perfect orizontal. Înaintea montării cuplajului sau roții de curea, vopseaua de pe ax trebuie îndepărtată prin ștergere cu o cîrpă muiată în petrol lampant sau acetonă.

*Montarea roții de curea sau a cuplajului* se face cu ajutorul unui dispozitiv special cu șurub. Este interzisă fixarea roții prin lovituri de ciocan, deoarece loviturile pe capătul arborelui se transmit la lagărul motorului și îl pot deteriora.

În cazul în care motorul electric lucrează prin transmisie cu curea este necesar să se controleze poziția roților motorului electric și a transmisiei, pentru a se evita sărirea curelei în timpul mersului.

*Verificarea paralelismului arborilor*, dacă lățimea roților de curea este aceeași, poate fi făcută în modul următor : capătul unei sfori se fixează în așa fel la roata de curea a transmisiei (fig. 3.16) încît ea să atingă marginea coroanei roții transmisiei și marginea roții motorului. Dacă arborii sînt paraleli, sfoara întinsă trebuie să atingă în același timp patru puncte *A*, *B*, *C*, *D*. Dacă lățimile roților de curea sînt diferite, determinînd centrul fiecărei roți de transmisie prin măsurare, se trasează pe ambele roți, cu vîrful unei crete bine ascuțite sau cu un ac de trasat, liniile medii. După aceea, sfoara se aplică pe aceste linii ale celor două roți de transmisie.

## 2. MONTAREA MAȘINILOR ELECTRICE DE PUTERE MIJLOCIE

Aceasta se face asemănător cu cea a mașinilor de mică putere. Particularitatea montajului constă în folosirea instalațiilor de ridicare și manevrare, precum și într-un control mai riguros, avînd în vedere greutatea lor mare și puterea pe care o transmit. Mașinile de putere mijlocie au poziția de funcționare orizontală.

*Controlul orizontalității* trebuie să fie făcut cu multă atenție. Pentru aceasta motorul se fixează pe două glisiere, aproximativ în poziția în care el trebuie să funcționeze în mod normal. Pe suprafața prelucrată a fiecărei glisiere se așază, pe rînd, nivela, pentru a se verifica poziția orizontală a glisierelor în direcția longitudinală. Așezarea corectă se obține prin baterea unor pene de oțel între suprafețele inferioare ale glisierelor și fundație.

După verificarea poziției orizontale a glisierelor, în direcția longitudinală se procedează la verificarea poziției lor orizontale și în direcție transversală. Pentru aceasta, pe glisiere se așază o riglă de oțel (fig. 3.17) :

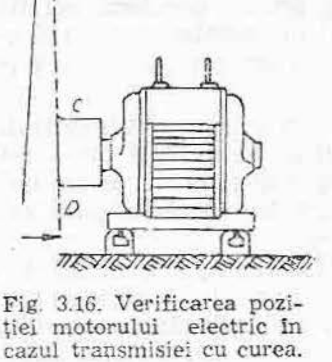



Fig. 3.16. Verificarea poziției motorului electric în cazul transmisiei cu curea.

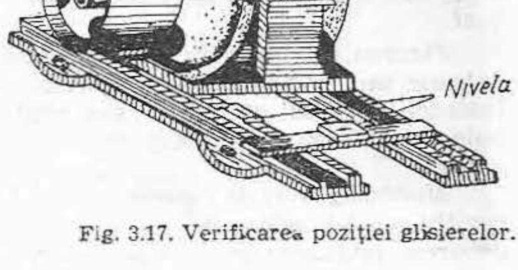



Fig. 3.17. Verificarea poziției glisierelor.

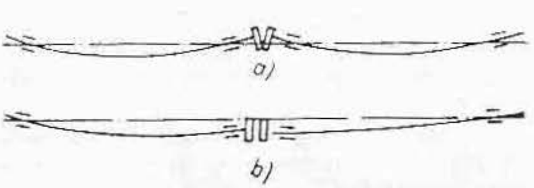


Fig. 3.18. Încovoierea arborilor mașinilor cu transmisii prin cuplaje.

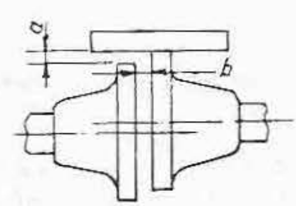


Fig. 3.19. Verificarea cuplării motorului electric cu o mașină de lucru după poziția semicuplajelor.

în cealaltă direcție (longitudinală), verificarea se repetă, pe rînd, de cîteva ori, pînă cînd nivela arată că motorul se află în poziție perfect orizontală.

*Trebuie acordată o mare atenție la montarea mașinilor electrice prin cuplaje fixe,* deoarece se pot produce vibrații puternice și uzura rapidă a lagărelor. Arborele mașinii electrice prezintă totdeauna o săgeată în planul vertical, din cauza greutății rotorului. Dacă axele mașinilor sînt instalate perfect orizontal, suprafețele frontale de contact ale semicuplajelor nu vor fi paralele (fig. 3.18, *a*), de aceea în timpul funcționării mașinii cuplajele și lagărele vor fi supuse unor solicitări considerabile.

*Arborii trebuie astfel instalați* (fig. 3.18, *b*) *încît suprafețele frontale ale celor două semicuplaje să fie paralele.*

*Poziția motorului electric cuplat cu mașina de lucru, cu ajutorul unui cuplaj, poate fi verificată cu o riglă de oțel și cu un calibru pentru interstiții* (spion) (fig. 3.19). Pentru aceasta, pe suprafețele exterioare ale ambelor semicuplaje se marchează, prin rizuri, poziția lor reciprocă și se determină dimensiunile radiale și axiale *a* și *b*, în cazul în care buloanele de îmbinare sînt scoase. Măsurătorile se efectuează în două puncte după verticală și în două puncte după orizontală ; după aceasta, cei doi arbori (împreună) sînt rotiți cu 180°, iar cele opt măsurători se repetă. Dacă semicuplajele au fost corect calate și strunjite și dacă toate dimensiunile *a* și *b* au rămas aceleași, aceasta dovedește și că centrarea lor este corelată.

Metoda de centrare a arborilor după semicuplaje, cu ajutorul unei rigle, este foarte simplă, însă nu dă totdeauna rezultate precise. De aceea, *în cazurile importante, se recomandă folosirea metodei de centrare cu două ace de trasat.* Fiecare ac se fixează la capătul arborelui lîngă semicuplaj sau chiar pe semicuplaj.

În figura 3.20 este reprezentat unul dintre modurile de montare a acelor de trasat. Precizia centrării depinde de lungimea acelor de trasat. Cu ajutorul acelor se măsoară simultan atît jocurile radiale *a*, cît și cele axiale *b*, în orice poziție inițială reciprocă a acelor de

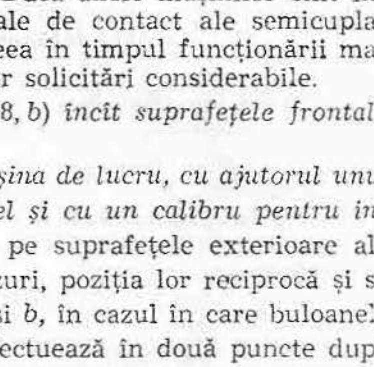


Fig. 3.20. Verificarea cuplării cu ajutorul acelor de trasat.

trasat. Se efectuează patru măsurări ale jocurilor axiale și tot atîtea măsurări ale jocurilor radiale. Toate măsurările se efectuează cu rotirea simultană a ambilor arbori cu 90°, adică măsurările se fac după diametrele vertical și orizontal.

Pentru ca jocul axial al rotorului să nu influențeze valoarea dimensiunilor *a* și *b*, în cazul rotirii rotorului, este necesar ca în părțile frontale ale arborilor sau capetele opuse cuplajului să se pună opritoare speciale.

*Neuniformitatea jocurilor radiale indică lipsa de axialitate a celor doi arbori, iar neuniformitatea jocurilor axiale indică faptul că suprafețele frontale ale semicuplajelor nu sînt paralele între ele, existînd deci o denivelare a axei arborilor.*

Se consideră că verificarea poziției arborilor este terminată atunci cînd la verificarea jocurilor cu ajutorul acelor de trasat se obține între jocuri o diferență de ordinul a 0,02—0,05 mm (valoarea mai mică se referă la mașinile de turație mare).

Avîndu-se în vedere dilatarea arborilor datorită încălzirii mașinilor în timpul funcționării, între capetele lor se lasă o distanță de 3—5 mm.

### 3. MONTAREA MAȘINILOR MARI

Această montare este cea mai dificilă, deoarece manipularea, transportul și montarea se fac foarte greu, datorită greutății și gabaritului mare ; de aceea ele se livrează de fabricile constructoare demontate.

Aceste mașini au lagărele separate și fixate pe placa de fundație, iar carcasa este demontabilă. Plăcile de fundație se execută turnate din fontă, oțel sau sudate din profile și platbande.

Plăcile de fundație sudate sînt cele mai folosite, fiind executate în general cu profile I sau U, solidarizate între ele prin platbande în care se fixează buloanele tălpilor carcasei statorului, lagărelor etc.

Uzinele producătoare dau, de obicei, odată cu livrarea mașinii și instrucțiunile necesare pentru montaj.

### 4. CONECTAREA LA REȚEA ȘI VERIFICAREA FUNCȚIONĂRII

După instalarea motoarelor electrice și verificarea funcționării din punct de vedere mecanic, se poate trece la executarea legăturilor electrice. Mai întîi trebuie verificat dacă tipul de conexiune (stea sau triunghi) corespunde tensiunii de alimentare. *Legăturile la borne se fac cu papuci iar la motoarele mici direct cu conductorul.* Se efectuează întîi legături provizorii, pentru a se vedea dacă sensul de rotație este corespunzător.

*Înainte de aplicarea tensiunii de lucru trebuie să se examineze interiorul mașinii pentru a constata dacă nu conține obiecte străine și să se verifice starea lagărelor și existența uleiului în acestea.*

*Prima conectare a motorului electric* se efectuează cu un șoc care durează 1—2 s. Cu această ocazie se verifică : sensul de rotație, starea părților în mișcare, valoarea curentului de pornire și siguranța acționării instalațiilor de deconectare, acțiunea protecției și a altor elemente ale schemei de comandă.

Este indicat ca pornirea prin șoc a motorului să se efectueze de 2—3 ori, mărindu-se treptat durata conectării.

Stabilindu-se astfel siguranța instalațiilor de pornire și confirmîndu-se starea bună a părții mecanice, se poate efectua *conectarea motorului pe o durată mai îndelungată.* Motorul se accelerează pînă atinge viteza stabilizată, apoi se deconectează.

În cazul unor rezultate satisfăcătoare, obținute la pornirile de probă, *motorul se conectează timp de 20—25 de min.* Se verifică încălzirea lagărelor și a fierului. În acest timp, chiar la mașinile mici, piesele nu reușesc să se încălzească pînă la temperatura stabilizată, însă după caracterul creșterii acesteia se poate aprecia dacă există o parte a mașinii în care se degajează un surplus de căldură.

*După conectarea de probă se efectuează conectarea de durată a motorului cu mecanismul. Rodajul* efectuat în decurs de 8 ore sau mai mult are drept scop șlefuirea articulațiilor mobile ale mecanismelor, verificarea echipamentului.

Motoarele care nu admit un regim permanent de funcționare se rodează pe baza unui grafic alcătuit în condițiile exploatării.

## G. MĂSURI SPECIFICE DE PROTECȚIE A MUNCII

În timpul executării instalațiilor electrice, muncitorii electricieni trebuie să respecte anumite reguli de protecție a muncii, pentru a evita diferite accidente cu urmări grave. Astfel:

• *La executarea găurilor în ziduri* (cărămidă sau beton) *se folosesc ochelari de protecție,* pentru a feri ochii de praf, așchii de cărămidă etc.

• *În cazul în care muncitorul electrician folosește scara* pentru executarea lucrărilor sale, el *trebuie să aibă grijă să prevadă la capetele de jos ale scărilor rezemate, vîrfuri ascuțite sau tălpi de cauciuc,* pentru a împiedica eventuala lor alunecare. Treptele scărilor de lemn trebuie să fie totdeauna încastrate în cadru și nu bătute în cuie. *Scările rezemate trebuie să fie așezate sub un unghi de 60° față de orizontală. Nu este permis să se așeze scările pe suporturi instabile.*

• *Cînd se lucrează pe scări rezemate la o înălțime mai mare de* 4 m, *trebuie folosită* și *centura de protecție,* care se leagă de stîlpul sau de construcția de care este rezemată scara.

În cazul în care se folosesc scările duble, este bine ca ele să fie prevăzute cu un lanț sau cu un alt dispozitiv, care să împiedice desfacerea scării în timpul lucrului.

• Instalatorii electricieni vor avea grijă *să nu așeze niciodată scările în apropierea locurilor sau instalațiilor care se găsesc sub tensiune* și care nu sînt protejate împotriva atingerilor accidentale. De asemenea, scările *nu se așază lîngă mașini, angrenaje cu curele de transmisie aflate în funcțiune.*

• *Folosirea uneltelor electrice portabile,* ca: mașini electrice de dăltuit și frezat ziduri, de găurit etc., alimentate la o tensiune de 220 V, *este permisă numai în locuri uscate și numai cu condiția de a se lega la pămînt* (sau la firul de nul) *părțile metalice ale acestor utilaje.*

• *În încăperile umede* se folosesc unelte electrice care funcționează la tensiunea de 36, 24 sau chiar 12 V (tensiuni nepericuloase). În timpul manipulării sculelor electrice *nu este permisă apucarea uneltelor de partea lor activă sau de conductoarele de legătură cu sursa de alimentare,* deoarece se pot produce accidente prin electrocutare.

• *Instalatorul electrician care lucrează cu unelte electrice de găurit sau de săpat șanțuri în zid, precum și cu dălți pneumatice, nu va sta pe o scară rezemată sau pe o scară dublă*, deoarece există pericolul de a se răsturna. De aceea, în cazurile în care urmează să lucreze la înălțimi mai mari, electricianul care mînuiește unealta electrică sau pneumatică *va sta pe schele sau pe eșafodaje construite în prealabil.*

## VERIFICAREA CUNOȘTINȚELOR

1. Instalațiile electrice de iluminat sînt alimentate de la tablourile de distribuție separat de cele care alimentează instalațiile de forță. Consumatorii casnici se montează în acest caz :
   *a*. pe un singur circuit monofazat ?
   *b*. trifazat ?
   *c*. în funcție de puterea și numărul consumatorilor ?
2. Care dintre următoarele tipuri de tuburi de protecție se montează îngropate în tencuială :
   *a*. IP, PEL ?
   *b*. P ?
   *c*. țevile de oțel ?
3. Cum se execută introducerea conductoarelor de aluminiu în tuburi ?
   *a*. Prin tragere ?
   *b*. Prin împingere ?
   Dar a celor din cupru ?
4. Legăturile conductoarelor de cupru în doze se execută :
   *a*. prin lipire ?
   *b*. prin sudare ?
   *c*. cu cleme speciale ?
   Dar ale conductoarelor din aluminiu ?
5. Cum se execută instalațiile electrice de forță de joasă tensiune în halele industriale ?
   *a*. Subteran în canale de cabluri ?
   *b*. Aerian pe poduri de cabluri ?
   *c*. Aparent ?
6. În băi și bucătării întreruptoarele de lumină se montează :
   *a*. în interior lîngă ușă ?
   *b*. în exterior lîngă ușă ?
   *c*. în interior, la înălțimi de 1,5 m ?
7. La montarea corpurilor de iluminat conductorul de nul se leagă :
   *a*. la filetul duliei ?
   *b*. la contactul de fund al duliei ?
8. Tehnologia de montare a mașinilor electrice depinde :
   *a*. de puterea mașinii ?
   *b*. de valoarea tensiunii și curentului ?
   *c*. de felul cuplajului ?

CAPITOLUL 4

# LINII AERIENE DE JOASĂ TENSIUNE

## A. GENERALITĂȚI

Energia electrică produsă în centralele electrice (termocentrale, hidrocentrale etc.) trebuie să fie furnizată diferiților consumatori (instalațiile electrice din locuințe, clădiri publice, întreprinderi industriale etc.), care se află la distanțe apreciabile de centralele electrice.

*Legătura electrică între sursa producătoare de energie electrică și consumatori se face prin conducte electrice, care formează* — în ansamblul lor — *adevărate rețele și de aceea sînt numite* **rețele electrice.**

• **După valoarea tensiunii de lucru,** rețelele electrice se împart în :

— *rețele electrice de înaltă tensiune,* la care tensiunea de lucru depășește 1 000 V ;

— *rețele electrice de joasă tensiune,* la care tensiunea de lucru este mai mică de 1 000 V, în general 500, 380 sau 220 V.

• **După felul curentului** se deosebesc :

— *rețele de curent continuu,* utilizate în special pentru alimentarea tramvaielor și a troleibuzelor ;

— *rețele de curent alternativ* (monofazat sau trifazat).

**Rețelele electrice aeriene de joasă tensiune** *servesc la distribuirea energiei electrice spre branșamentele* (racordurile) *care deservesc instalațiile electrice interioare ale diferitelor construcții civile și industriale, precum și la iluminatul public,* la iluminatul curților întreprinderilor industriale etc.

## B. ELEMENTE COMPONENTE ȘI MATERIALE UTILIZATE

*O rețea electrică aeriană de joasă tensiune cuprinde următoarele elemente :* conductoare, stîlpi, izolatoare și echipamentul stîlpilor.

• **Conductoarele** transportă energia electrică de la postul de transformare la consumatori. Conductoarele care se folosesc pentru liniile aeriene de joasă tensiune sînt cele de cupru, aluminiu sau oțel-aluminiu.

• **Stîlpii** servesc la susținerea conductoarelor electrice la o anumită distanță față de pămînt sau față de diferite construcții. Stîlpii pot fi de lemn, de beton armat sau metalici.

*Stîlpii de lemn* se confecționează din lemn de rășinoase sau de foioase.

*Stîlpii de beton* pot fi de două feluri : *stîlpi de beton vibrat* care au secțiunea în formă de H și *stîlpi de beton centrifugat* care au secțiunea rotundă și sînt goi în interior.

*Stîlpii metalici* se folosesc în prezent numai pentru liniile de înaltă tensiune, fiind înlocuiți cu stîlpi de beton armat.

• **Izolatoarele** servesc la izolarea electrică a conductoarelor unul față de altul sau față de pămînt, adică față de părțile stîlpilor care pot fi în legătură cu pămîntul (traverse metalice, suporturi metalice etc.). În rețelele aeriene de joasă tensiune se utilizează două tipuri de izolatoare și anume : *izolatoare de susținere* și *izolatoare de întindere*.

Atît izolatoarele de susținere cît și cele de întindere se fixează pe stîlpi, de suporturi metalice. De aceea ele se mai numesc și *izolatoare suport*.

• **Echipamentul stîlpilor** este alcătuit din : *suporturi de izolatoare, console și vîrfuri pentru firul de pămînt*.

## C. EXECUȚIA REȚELELOR AERIENE

### 1. TRASAREA ȘI PICHETAREA LINIILOR AERIENE

• **Traseul liniei aeriene** trebuie să fie astfel ales încît să aibă o lungime cît mai mică între cele două capete ale liniei și să întîlnească cît mai puține treceri peste drumuri, căi ferate, clădiri etc.

De aceea, la alegerea traseului (stabilit, de regulă, prin proiect), trebuie să se aibă în vedere atît sursa de alimentare și consumatorii deserviți, cît și relieful și natura terenului, pentru a se stabili astfel traseul optim al rețelei aeriene respective.

Cînd traseul trece printr-o localitate, el se fixează în lungul drumurilor, pe trotuare, la circa 30 cm de la bordură.

• *Înainte de începerea lucrărilor*, instalatorii electricieni procedează mai întîi la identificarea și însemnarea pe teren a traseului, după proiect. În acest scop, ei măsoară la fața locului, cu ajutorul ruletei, direcția traseului și însemnează locul unde vor fi plantați stîlpii de susținere a liniei (la distanța indicată de proiect), prin înfigerea unor țăruși de jalonare. Această operație se numește *pichetare*.

*Țărușii de pichetare* se înfig, de obicei, în centrul fundației stîlpupului care va fi plantat în acel punct. Pe țăruși se notează denumirea liniei, numărul stîlpului și tipul său. Însemnarea locului unde vor fi plantați stîlpii de susținere se face de către un topometru.

### 2. SĂPAREA GROPILOR

Înainte de începerea săpăturilor, se verifică dacă țărușul de pichetare se găsește în linie dreaptă cu țărușii de pichetare învecinați, în cazul în care traseul urmează o porțiune dreaptă. Dacă țărușul de pichetare se află pe un unghi al traseului, atunci el trebuie să fie în linie dreaptă cu țărușii vecini.

Se trasează apoi forma gropilor pe suprafața solului, în funcție de dimensiunile fundului gropilor menționate în proiect.

Adîncimea gropii depinde de destinația stîlpului și de natura terenului.

Dacă solul este suficient de rezistent (rocă stîncoasă sau argilă consistentă), ca să nu se surpe atunci cînd pereții săpăturii sînt verticali, gropile se fac de formă cilindrică.

Gropile se sapă manual, cu ajutorul cazmalelor, al lopeților-lingură, al lopeților cu cozi lungi etc., sau mecanizat cu ajutorul mașinilor pentru săpat gropi, echipate cu sape-burghiu de diferite diametre.

## 3. CLASIFICAREA, FASONAREA ȘI ALCĂTUIREA STÎLPILOR

### a. Clasificare

După destinația lor, stîlpii se împart în *stîlpi de întindere* și *stîlpi de susținere*.

• **Stîlpii de întindere** sînt solicitați la o mare parte din tracțiunea mecanică exercitată de conductoarele liniei aeriene. Ei se subdivid în:

— *stîlpi de colț* (de unghi), care sînt dispuși la locurile de cotire ale traseului;

— *stîlpi de întindere propriu-ziși*, care sînt amplasați pe porțiunea dreaptă a traseului;

— *stîlpi de capăt* (terminali), care sînt instalați la capetele liniei.

**Stîlpii de susținere** susțin conductoarele între stîlpii de întindere și nu sînt solicitați la eforturi de tracțiune mari.

### b. Fasonarea și alcătuirea stîlpilor

Stîlpii de întindere, în special cei de lemn, se alcătuiesc — de obicei — din doi stîlpi simpli, formînd așa-numiții stîlpi combinați sau compuși (fig. 4.1).

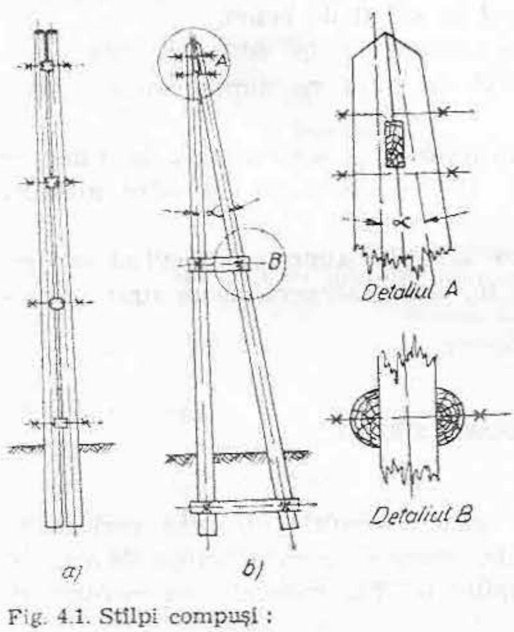



Fig. 4.1. Stîlpi compuși: a — dublu; b — compus.

Stîlpii de întindere din beton sau metalici se dimensionează în mod corespunzător prin construcția lor.

Stîlpii de lemn trebuie să fie fasonați și alcătuiți pe șantier.

Stîlpii simpli de lemn se fasonează numai la vîrf (fig. 4.2).

Dacă este nevoie să se obțină stîlpi mai înalți, se folosesc adaosuri la stîlpii de lemn. În acest scop se adaugă un stîlp de lungime mai mică, care se leagă



Fig. 4.2. Forma vîrfurilor la stîlpii din lemn.

cu bandaje de sîrmă de stîlpul care trebuie prelungit (fig. 4.3, a).

Bandajele de strîngere între stîlp și adaos se fac din 16 spire de sîrmă galvanizată de Ø 4 mm, răsucite și fixate printr-un bulon și plăcuțe de presiune. La fiecare stîlp se aplică două bandaje.

La rețele mai importante, pe stîlpi de lemn se întrebuințează pentru adaos clești de beton armat (sistem Ritter), care se fixează la stîlp prin niște fălci strînse cu șuruburi groase (fig. 4.3, b). Baza stîlpului de lemn rămîne la o oarecare depărtare de sol, pentru a permite scurgerea apelor de ploaie și aerisirea lemnului.

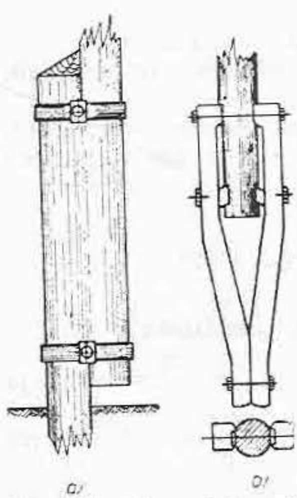


Fig. 4.3. Adaosuri la stîlpii de lemn:
a — cu stîlp de adaos;
b — cu cleşte de beton.

Deoarece lemnul este supus cu timpul descompunerii (putrezirii), stîlpii de lemn se impregnează prin introducerea unor soluții antiseptice (sulfat de cupru, sulfiți alcalini, fluorură de sodiu, creozot etc.) în canalele lemnoase ale trunchiului proaspăt tăiat și necurățat de coajă.

Stîlpii de stejar și de salcîm se pot folosi și neimpregnați dar în acest caz ei trebuie să fie cătrăniți sau carbonizați la bază.

După fasonarea stîlpilor de lemn și înainte de asamblarea (alcătuirea) lor, părțile prelucrate se vopsesc de două ori cu materiale protectoare — carbolineum sau bitum topit.

*Stîlpii de lemn au o viață relativ scurtă, lungimea relativ mică și rezistența mecanică mai redusă, de aceea sînt tot mai rar folosiți în rețele electrice aeriene, fiind înlocuiți cu* **stîlpii de beton.**

În rețelele electrice aeriene se utilizează stîlpi de beton simpli, atît ca stîlpi de susținere cît și ca stîlpi de întindere, dimensionați în mod corespunzător.

Stîlpii metalici se utilizează în locurile cu sarcini mari de întindere (la încrucișări, la traversări etc.). În orașe sînt folosiți stîlpi metalici tubulari.

Pentru a fi feriți de acțiunea agenților atmosferici, stîlpii se vopsesc cu miniu de plumb și ulei de in, sau se acoperă cu un strat de metal inoxidabil (de obicei zinc).

#### 4. TRANSPORTUL ȘI MANIPULAREA STÎLPILOR

Transportul stîlpilor utilizați pentru rețelele electrice aeriene se face cu vagoane C.F.R., autovehicule, căruțe și de către echipa de oameni.

Încărcarea și descărcarea stîlpilor se fac manual sau mecanic cu ajutorul mecanismelor de ridicat.

Uneltele ajutătoare folosite pentru manipularea stîlpilor (pîrghii, odgoane, cîrlige, lanțuri) vor avea dimensiuni potrivite pentru a rezista sarcinilor la care sînt supuse; la fel construcțiile și dispozitivele ajutătoare pentru manevrarea materialelor (rampe, planuri înclinate, scări, schele etc.).

Încărcarea și descărcarea manuală a stîlpilor în și din vehicule se efectuează lateral sau pe spatele vehiculului, folosindu-se un plan înclinat bine fixat. Ridicarea stîlpilor de-a lungul planului înclinat se face cu ajutorul frînghiilor acționate din partea opusă rampei.

Transportul stîlpilor de către echipe de oameni se realizează cu ajutorul unor clești speciali, pe umăr sau prin tîrîre. Trebuie ales un număr suficient de oameni, pentru a nu reveni fiecăruia mai mult de 30 kg.

Cînd se transportă un stîlp pe umăr, ridicarea lui sau lăsarea în jos se execută numai la comanda șefului de echipă și numai după ce acesta s-a convins că toți oamenii sînt așezați de aceeași parte a stîlpului, și anume, pe cea opusă locului de încărcare sau descărcare.

În cazul transportului prin tîrîre, stîlpul trebuie legat cu o frînghie, la circa 60 cm de vîrf și dirijat printr-o altă frînghie legată la bază.

*Personalul care lucrează la manipularea stîlpilor proaspăt impregnați va trebui să poarte echipamentul de protecție respectiv, deoarece antisepticele folosite sînt toxice pentru om și atacă pielea.*

## 5. PLANTAREA STÎLPILOR

Stîlpii simpli de susținere și de întindere se transportă pe teren gata echipați pentru montare, iar stîlpii combinați se transportă parțial sau total demontați.

• **Plantarea stîlpilor de lemn.** Introducerea stîlpilor simpli de lemn în gropile în care se plantează poate fi făcută cu ajutorul țapinelor și al furcilor de lemn, așa cum se arată în figura 4.4.

După ce stîlpul a fost așezat în poziția corespunzătoare plantării, cu baza la circa 30 cm de groapă, se așază pe partea din spate a gropii o scîndură pentru a înlesni alunecarea și a se evita surparea pămîntului la introducerea stîlpului în groapă. Un lucrător ține scîndura astfel încît acesta să nu se deplaseze, iar ceilalți lucrători ridică capătul de sus al stîlpului, mai întîi cu brațele, apoi cu ajutorul furcilor de lemn. Pentru ridicare sînt necesari 4—8 oameni, în funcție de dimensiunile stîlpilor.

Ridicarea se face treptat: o grupă de lucrători susține stîlpul cu una dintre furci, iar cealaltă grupă îl ridică în sus folosind cea de-a doua furcă; apoi prima grupă mută furcile spre baza stîlpului și repetă operația.

După ce stîlpul a fost introdus în groapă se verifică poziția lui verticală cu ajutorul firului cu plumb, după două direcții perpendiculare. Dacă nu este perfect vertical, se răsucește stîlpul cu niște cîrlige pînă cînd stă în poziție verticală. Se menține stîlpul în această poziție cu ajutorul a trei sulițe (țapine) așezate la 120° una față de alta și apoi se începe astuparea gropii.

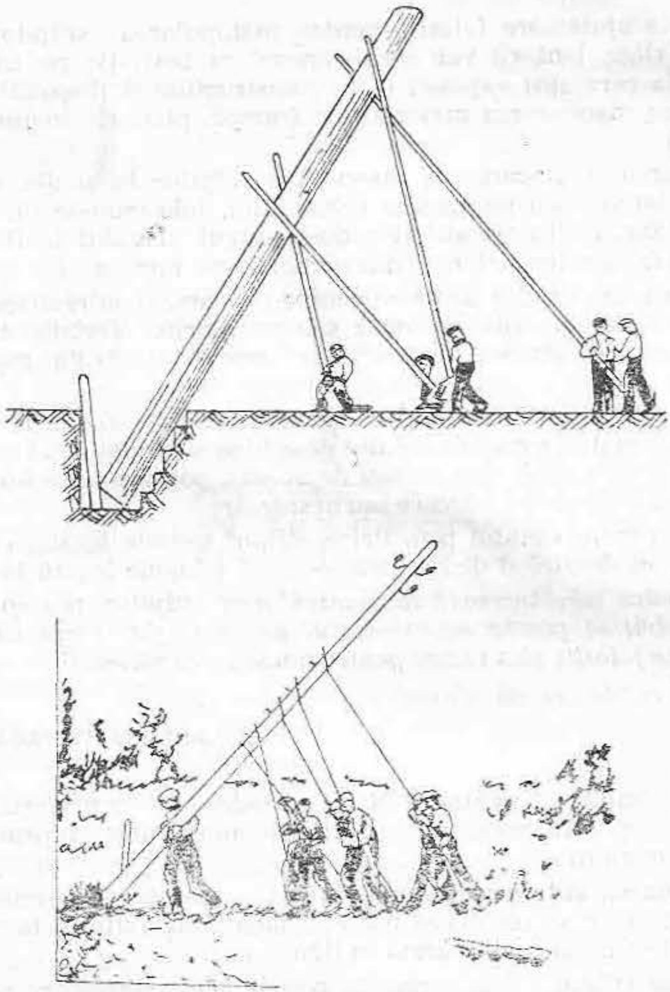


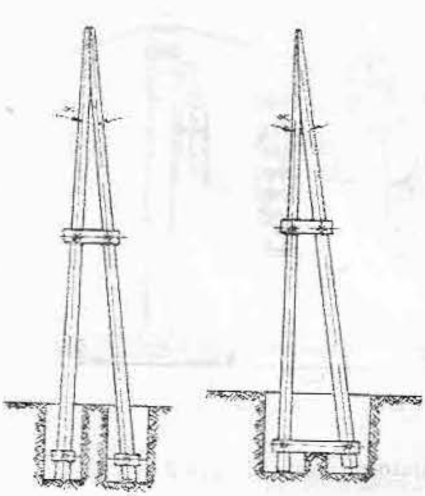
Fig. 4.4. Ridicarea stîlpilor de lemn cu ajutorul furcilor.

Dacă stîlpul prezintă o oarecare curbură, atunci el trebuie plantat cu planul curburii în lungul traseului. Stîlpii care prezintă două curburi nu se vor instala.

În locurile ușor accesibile (de exemplu pe marginea șoselelor) ridicarea stîlpilor se face cu automacaraua.

Astuparea gropii se face imediat cu pămînt, bine bătătorit, în straturi de 10—15 cm, care se bat cu maiul. Dacă terenul este nisipos sau argilos, atunci în gropile stîlpilor se execută un buraj, de piatră. După astuparea gropii se face în jurul stîlpului un mușuroi de pămînt de aproximativ 50 cm pentru a se înlesni scurgerea apei provenite din precipitații.

În cazul stîlpilor cu proptele, vîrful proptelei de lemn se așază la circa 20 cm sub nivelul consolei sau izolatorului celui mai de jos.



a b

Fig. 4.5. Stîlpi compuşi:
a — cu chituci îngropaţi; b — cu traversă îngropată.

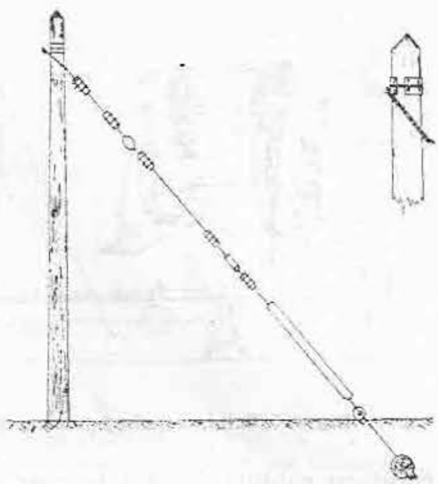


Fig. 4.6. Stîlp cu ancoră.

În figura 4.5 sînt reprezentanţi doi stîlpi compuşi, unul cu chituci îngropaţi şi altul cu traversă îngropată.

*Ancorele de sîrmă de oţel împletită* cu secţiunea de 50—70 mm² se montează pe direcţia prelungirii liniei, în cazul stîlpilor de la capătul liniei iar la colţuri se fixează în partea opusă liniei, pe bisectoarea unghiului format de cele două direcţii ale liniei aeriene.

Groapa pentru ancoră se execută la 4—6 m distanţă de stîlp. În groapă se fixează butucul de fixare cu grosimea de 20—30 cm şi cu lungimea de 1,5 m, de care se leagă capătul ancorei, prin intermediul unei vergele cu piuliţă care străbate butucul (fig. 4.6).

Întinderea ancorei de sîrmă se face prin intermediul unui şurub de întindere intercalat între cele două capete de legare a ancorei. La partea superioară a ancorei şi la o distanţă de cel puţin 2,5 m de la pămînt se montează izolatorul de ancoră, care are rolul să izoleze partea inferioară a ancorei în cazul în care un conductor sub tensiune s-ar rupe şi ar cădea pe ancoră.

• **Plantarea stîlpilor de beton armat** se face în fundaţii burate cu straturi de nisip şi pietriş. În terenurile slabe, fundaţiile se fac din beton sau din plăci prefabricate.

Ridicarea stîlpilor pentru plantarea în gropile de fundaţie respective se face cu automacaraua. Scripetele de ridicare al macaralei este fixat de capătul unei bare telescopice formată din trei tuburi, care se sprijină jos pe o tablă articulată. Macaraua este prevăzută cu dispozitive care permit ca ridicarea şi coborîrea stîlpului în groapă să se facă lin şi să nu pericliteze viaţa muncitorilor. Ridicarea unui stîlp simplu cu automacaraua se face în aproximativ un minut.

Ridicarea stîlpilor se mai poate face şi cu ajutorul unui troliu şi al unui stîlp (catarg) ajutător (fig. 4.7). Stîlpul ajutător este bine an-

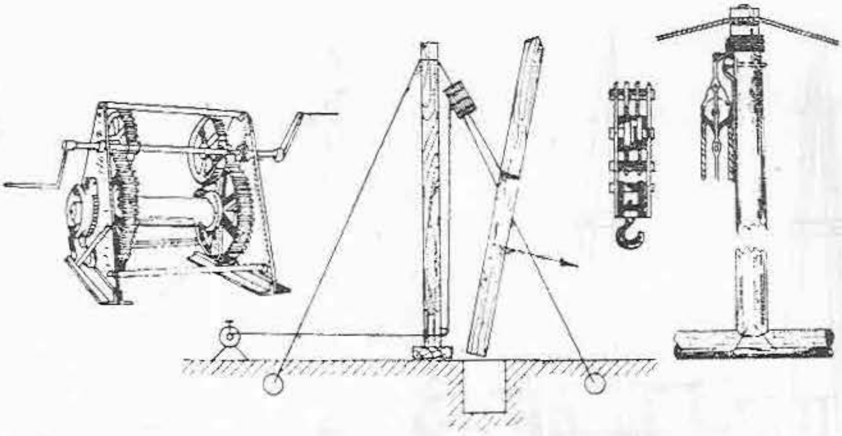


Fig. 4.7. Schema ridicării unui stîlp cu ajutorul unui stîlp ajutător fix.

corat cu cabluri de oțel în patru direcții. De el se fixează un palan cu un capăt în vîrful stîlpului auxiliar, iar cu celălalt capăt (cîrligul), ceva mai sus de centrul de greutate al stîlpului care urmează a fi ridicat. Cablul de oțel al palanului se coboară de-a lungul stîlpului ajutător și se fixează de tamburul unui troliu care servește la ridicare.

Dirijarea stîlpului în timpul ridicării se face prin intermediul unor funii care se leagă de stîlp.

Înainte de ridicare, mecanismele de ridicat (troliurile, scripeții, macaralele, cricurile etc.) trebuie să fie bine controlate, pentru a se vedea starea dispozitivelor de frînare și de blocare.

Cablurile (funiile) de sîrmă sau de cînepă trebuie să aibă o rezistență care să corespundă celei mai mari sarcini.

### 6. ECHIPAREA STÎLPILOR

Echipamentul stîlpilor este alcătuit din izolatoare cu suporturile lor, din console și din vîrfuri pentru firul de pămînt,

#### a. Izolatoare

• **Izolatoarele de susținere normale** au rolul de a prelua numai greutatea proprie a conductorului respectiv și se montează pe stîlpii de susținere.

La *legăturile* (branșamentele) *aeriene spre abonați* se întrebuințează un izolator special de susținere, numit izolator cu braț.

• **Izolatoarele de tracțiune** se montează pe stîlpii de întindere, de colț sau de capăt de linie și au rolul de a prelua sarcinile produse de întinderea conductoarelor.

Izolatoarele normale de susținere sau de tracțiune se montează pe stîlpi prin intermediul suporturilor metalice curbe și drepte.

*Fixarea izolatoarelor pe suporturi* se face cu mortar de ipsos și cîlți îmbibați cu miniu de plumb, răsucindu-se izolatorul cu ajutorul unei

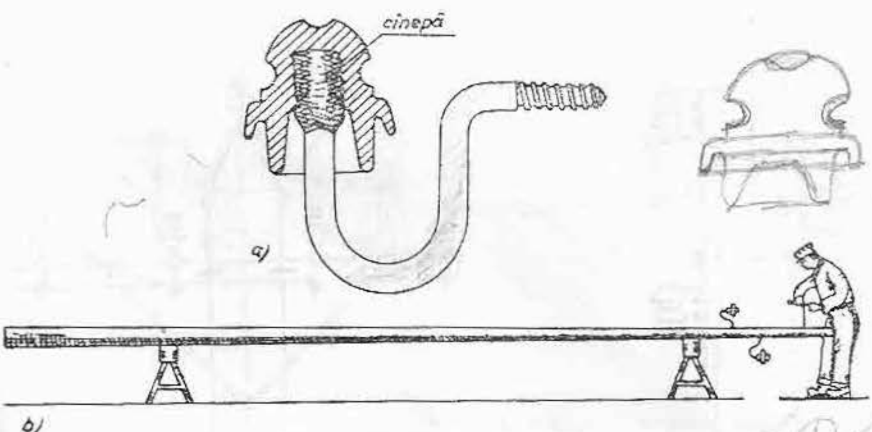



Fig. 4.8. Montarea izolatoarelor pe stîlpi de lemn :
a — fixarea izolatoarelor pe suporturi ; b — fixarea suporturilor cu izolatoare pe stîlp.

scule speciale, în partea filetată a suportului. După fixare, axul izolatorului trebuie să coincidă cu axul părţii din suport care pătrunde în gaura izolatorului.

### b. Suporturi

• **Suporturile curbe** *se înşurubează direct în stîlpul de lemn* înainte de a fi plantat, procedîndu-se în felul următor : se aşază stîlpul pe două capre de lemn şi se dau găuri cu ajutorul unui suport (fig. 4.8). Distanţa minimă de la vîrful stîlpului la primul suport sau între două suporturi succesive, montate de o parte şi de alta a stîlpului trebuie să fie de 250 mm. Se înşurubează apoi suporturile cu o cheie specială în găurile care au fost date în stîlpi.

*Suporturile curbe pot fi montate şi pe zidurile clădirilor;* în acest caz ele nu mai au tija prevăzută cu filet pentru lemn, ci despicată, pentru a fi fixată cu mortar de ciment în gaura dată în zid.

*Pentru stîlpii de beton armat se folosesc suporturi curbe de o construcţie adecvată. Ele sînt fixate pe nişte brăţări* cu ajutorul cărora se montează apoi pe stîlpi.

• **Suporturile drepte** *se montează pe console metalice verticale sau orizontale,* care se fixează pe stîlpi după plantarea acestora. Distanţa dintre două console succesive este de circa 400 mm.

### c. Console

• Pe stîlpii de lemn, **consolele verticale** se fixează prin buloane care străbat stîlpul (fig. 4.9, *a*). Pe suportul consolelor verticale se montează izolatoarele de tracţiune.

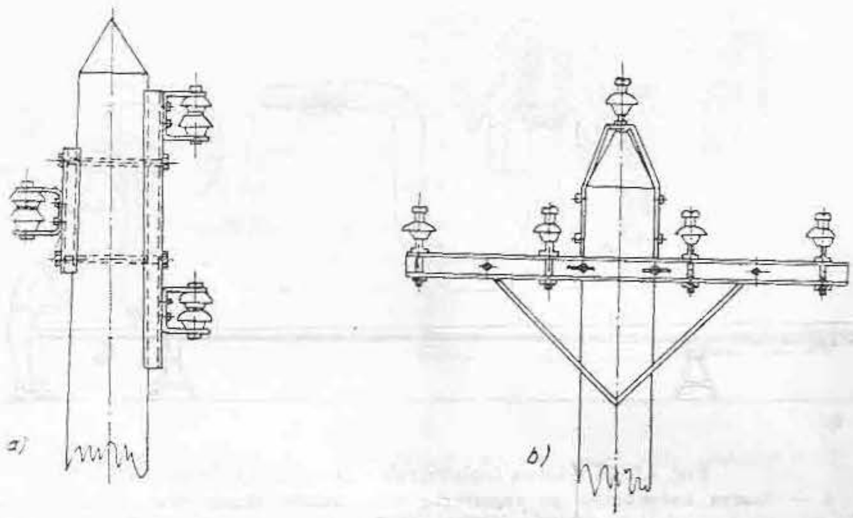


Fig. 4.9. Console pentru stîlpi :
*a* — consolă verticală ; *b* — consolă orizontală.

**Consolele orizontale** pentru două și patru izolatoare se prind de stîlpi printr-o brățară și sînt sprijinite prin cîte două contrafișe de fier lat. Pe aceste console se montează izolatoarele de susținere fixate pe suporturi drepte (fig. 4.9, *b*).

Consolele orizontale se întrebuințează la liniile mai importante de pe străzile orașelor. Conductoarele pentru iluminatul străzilor se montează pe partea dinspre stradă a consolei, iar cele pentru alimentarea racordurilor spre abonați se așază pe partea opusă. Pentru stîlpii de beton se folosesc console tip brățară.

### d. Vîrfuri pentru firul de pămînt

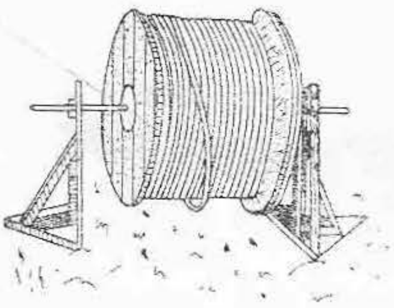
*Pentru protecția conductoarelor active* (prin care trece curent) *împotriva descărcărilor electrice din atmosferă* (trăsnet), *se folosește un conductor prin care nu trece curent, numit* **conductor** *sau* **fir de pămînt.** *Acest conductor se montează pe un* **izolator așezat în vîrful stîlpului,** deci deasupra tuturor celorlalte izolatoare.

*Izolatorul pentru conductorul de pămînt se montează pe un* **vîrfar metalic** din oțel lat, fixat pe stîlp prin două buloane filetate la ambele capete la care se înșurubează piulițele hexagonale.

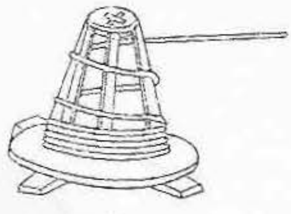
## 7. MONTAREA CONDUCTOARELOR ȘI EXECUTAREA LEGĂTURILOR

### a. Montarea conductoarelor

• Conductoarele se aduc pe traseu înfășurate pe un tambur sau strînse în colaci. **Desfășurarea conductorului de pe colaci** nu trebuie făcută cu mîna. Se așază mai întîi colacul de sîrmă pe o vîrtelniță, de pe care apoi se desfășoară prin tracțiune (fig. 4.10).



*a)*



*b)*

Fig. 4.10. Dispozitive pentru desfășurarea conductoarelor :
a — capră pentru desfășurarea de pe tambur ; b — vîrtelniță pentru desfășurarea de pe colaci.

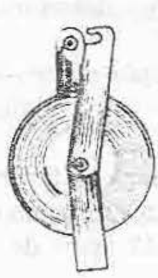
• *Conductorul desfășurat* **se ridică pe stîlpi** *și se așază pe niște scripeți speciali de întindere,* agățați de suporturile izolatoarelor (fig. 4.11, *b*). Rolele scripeților de întindere se confecționează din lemn, cupru sau aluminiu (fig. 4.11, *a*), în funcție de materialul conductoarelor ce se montează.

• *După* **întinderea provizorie** *a conductoarelor se execută* **întinderea definitivă** ; conductoarele legate de izolatoarele suportului terminal sau de întindere se prind în cleme și se întind cu ajutorul unei frînghii și al unui scripete demultiplicator (fig. 4.12).

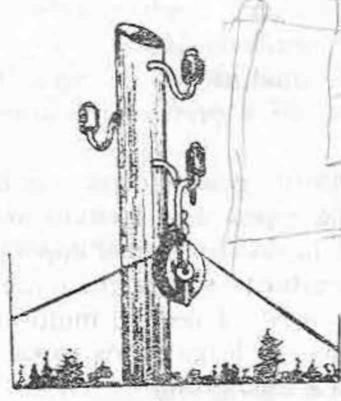
*Conductoarele se întind pînă cînd săgeata pe care o fac între doi stîlpi succesivi atinge valoarea stabilită.*

Dacă pe aceiași stîlpi se întind conductoare cu secțiuni diferite, săgeata lor trebuie să fie aceeași cu cea a conductorului care are secțiunea cea mai mare.

În cazul în care pe stîlpi se montează și conductoare de aluminiu și conductoare de cupru, atunci acestea din urmă se așază sub cele de aluminiu, deoarece ele au săgeată mai mare.



*a*



*b*

Fig. 4.11. Scripeți pentru întinderea conductoarelor :
a — scripete cu rolă de lemn ; b — agățarea scripeților de suporturile izolatoare.

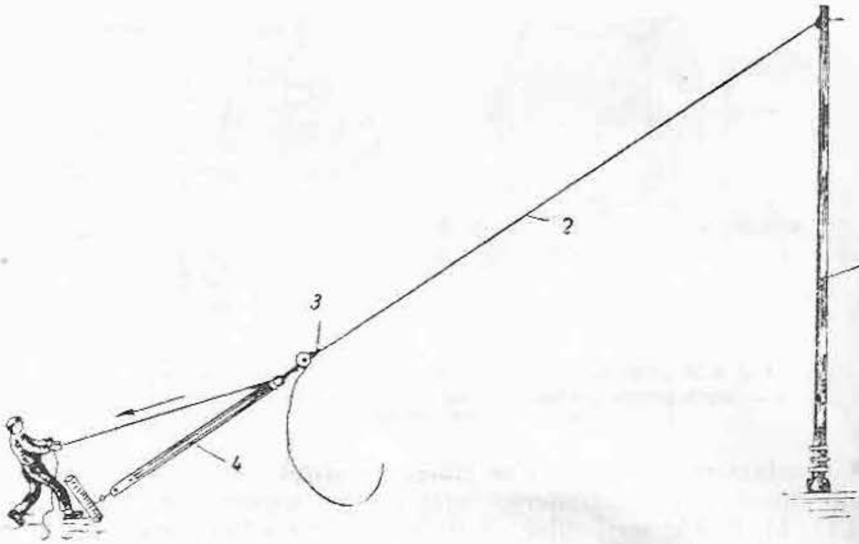




Fig. 4.12. Întinderea conductoarelor:
1 — stîlp; 2 — conductor; 3 — clemă de fixare; 4 — scripete demultiplicator.

Înălţimea conductoarelor faţă de pămînt trebuie să fie — în punctul de săgeată maximă — de cel puţin 5,50 m. Faţă de clădiri, distanţa linei aeriene pe verticală şi lateral va fi de maximum 2 m.

## b. Executarea legăturilor

*După terminarea întinderii conductoarelor, ele se leagă de izolatoare.* Conductoarele de cupru cu secţiunea pînă la 35 mm$^2$ se leagă cu sîrmă moale de cupru de 4 mm$^2$, iar cele cu secţiuni mai mari se leagă cu sîrmă de cupru de 6 mm$^2$. Conductoarele de aluminiu se leagă de izolatoare cu sîrmă din acelaşi material, cu secţiunea de cel puţin 10 mm$^2$. Înainte de legare, conductoarele de aluminiu se înfăşoară cu o bandă de aluminiu moale de 10×1 mm, pe o lungime de circa 250 mm, capătul benzii trebuind să iasă cu circa 100 mm de sub legătură. Rolul acestei benzi este de a proteja înfăşurarea conductorului de deteriorări mecanice.

*Legăturile conductoarelor la izolatoare* pot fi *simple* pentru conductoarele de cupru şi la secţiuni mai mici, sau *duble* — la conductoarele de aluminiu şi la liniile mai importante.

• **Legăturile simple** (în cruce simplă) se efectuează înfăşurîndu-se sîrma de legătură de mai multe ori peste gîtul izolatorului; apoi capetele sîrmei se leagă strîns (peste conductor) în 10—12 spire de o parte şi de alta a izolatorului.

**Legăturile duble** (în cruce dublă) se realizează executîndu-se două bucle în jurul izolatorului, operaţiile de legare succedîndu-se în ordinea indicată în figura 4.13.

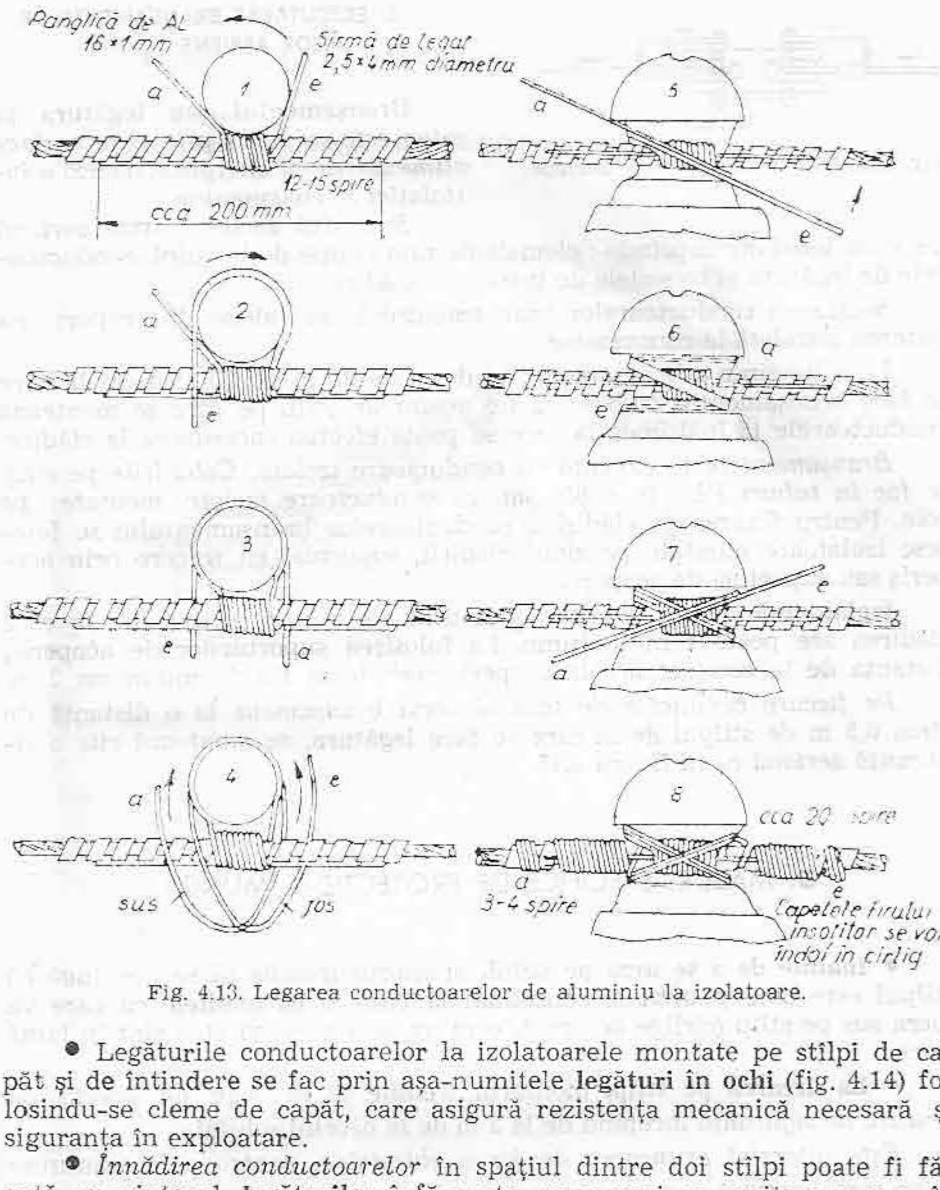



Fig. 4.13. Legarea conductoarelor de aluminiu la izolatoare.

● Legăturile conductoarelor la izolatoarele montate pe stîlpi de capăt și de întindere se fac prin așa-numitele **legături în ochi** (fig. 4.14) folosindu-se cleme de capăt, care asigură rezistența mecanică necesară și siguranța în exploatare.

● *Înnădirea conductoarelor* în spațiul dintre doi stîlpi poate fi făcută cu ajutorul **legăturilor înfășurate,** care apoi se cositoresc sau, în mod obișnuit, cu ajutorul **clemelor de legătură** (de înnădire) alese în raport cu secțiunile conductoarelor ce urmează să fie înnădite.

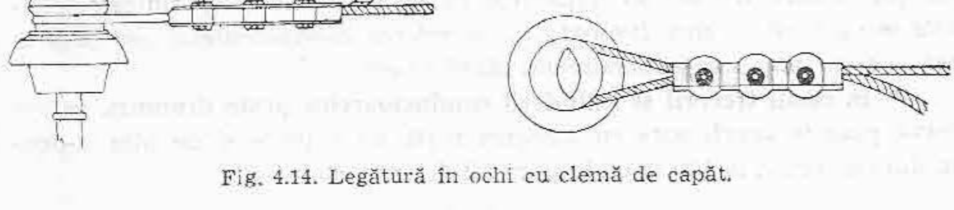


Fig. 4.14. Legătură în ochi cu clemă de capăt.

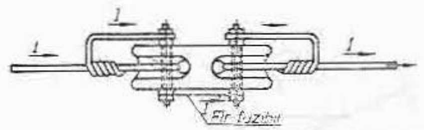



Fig. 4.15. Montarea siguranței aeriene.

### 8. EXECUTAREA BRANȘAMENTELOR LINIILOR AERIENE

**Branșamentul** sau **legătura** la **rețea** *este mijlocul prin care se face alimentarea cu energie electrică a instalației la consumator.*

*Racordul de la o linie aeriană de joasă tensiune* cuprinde : clemele de ramificație de la stîlpi, conductoarele de legătură și consolele de intrare în clădire.

Secțiunea conductoarelor branșamentului se alege în raport cu puterea instalată la consumator.

La o lungime a branșamentului de peste 25 m, lîngă clădirea la care se face branșamentul trebuie să fie așezat un stîlp pe care se montează conductoarele la înălțimea la care se poate efectua racordarea la clădire.

*Branșamentele se execută cu conductoare izolate. Coborîrile pe stîlp se fac în tuburi PEL în cablu sau cu conductoare izolate montate pe role.* Pentru fixarea pe clădiri a conductoarelor branșamentului se folosesc izolatoare montate pe zidul clădirii, suporturi cu trecere prin acoperiș sau suporturi de acoperiș.

Izolatoarele fixate pe zid pot fi utilizate numai în cazurile în care clădirea are peste 4 m înălțime. La folosirea suporturilor de acoperiș, distanța de la conductoare la acoperiș trebuie să fie de minimum 2 m.

*Pe fiecare conductor de fază al unui branșament* la o distanță de circa 0,5 m de stîlpul de la care se face legătura, *se montează cîte o siguranță aeriană* ca în figura 4.15.

## D. MĂSURI SPECIFICE DE PROTECȚIE A MUNCII

• **Înainte de a se urca pe stîlpi,** montorul trebuie să se convingă că stîlpul este bine plantat și consolidat la bază și că uneltele cu care va lucra sus pe stîlp (cîrlige de urcat, centura de siguranță etc.) sînt în bună stare.

• **La urcarea pe stîlp,** montorul trebuie să se lege de acesta cu *centura de siguranță* începînd de la 2 m de la nivelul solului.

*Este interzisă aruncarea de jos a obiectelor,* pentru a le transmite celor care lucrează sus, sau aruncarea de pe stîlp a acestora. Transmiterea lor trebuie făcută cu o frînghie de care se leagă obiectele necesare petrecută pe după o parte a stîlpului sau mîna montorului de sus. Al doilea capăt al frînghiei trebuie să se găsească în mîna muncitorului ce stă jos și care trebuie să împiedice balansarea obiectelor ridicate. *Mîinile muncitorilor care lucrează la întinderea conductoarelor vor fi protejate de mănuși, confecționate din pînză de cort.*

• În cazul **trecerii și întinderii conductoarelor peste drumuri,** se vor așeza *placaje avertizoare cu steaguri roșii,* de o parte și de alta a drumului respectiv, la 100 m de la punctul de traversare.

## VERIFICAREA CUNOŞTINŢELOR

1. Stîlpii de susţinere sînt solicitaţi la eforturi de tracţiune mari ?
   a. Da.
   b. Nu.
2. Stîlpii de beton se plantează folosindu-se :
   a. ţapine şi furci de lemn ?
   b. automacara ?
   c. troliu ?
3. Prin conductorul sau firul de pămînt trece curent :
   a. cînd reţeaua alimentează un consumator ?
   b. cînd se produc trăsnete ?
4. La întindere, între stîlpi, ce conductoare au săgeată mai mare ?
   a. Din cupru.
   b. Din aluminiu.
5. Secţiunea conductoarelor branşamentului se alege în funcţie de :
   a. lungimea traseului ?
   b. puterea instalată la consumator ?
   c. felul consumatorului : casnic sau industrial ?
6. Legătura conductoarelor la izolatoare se execută cu sîrmă :
   a. din oţel ?
   b. din acelaşi material cu conductorul ?

CAPITOLUL 5

# REȚELE ELECTRICE SUBTERANE DE JOASĂ TENSIUNE

## A. GENERALITĂȚI

Rețelele electrice subterane sînt folosite pentru distribuția energiei electrice în orașe, în marile complexe industriale, la alimentarea diferitelor secții de producție, unde cablurile nu pot fi așezate în exterior din motive estetice. În unele cazuri rețelele aeriene devin periculoase sau greu de exploatat

## B. MATERIALE UTILIZATE

• **Cablurile** utilizate în instalațiile electrice sub 1 000 V pot fi confecționate cu conductoare din cupru sau din aluminiu, cu izolație din hîrtie, cauciuc sau material plastic, cu manta de plumb, de aluminiu sau de material plastic.

*Conductoarele izolate ale cablurilor sînt colorate diferit, pentru a se putea indentifica ușor fazele* respective atunci cînd se procedează la înnădirea (îmbinarea) cablurilor. Culorile conductoarelor sînt următoarele :

— cabluri cu două conductoare : galben, verde ;
— cabluri cu trei conductoare : galben, verde, albastru ;
— cabluri cu patru conductoare : galben, verde, albastru și roșu.

Conductorul neutru este marcat totdeauna cu culoarea roșie.

• Alte elemente care intră în compunerea rețelei electrice subterane sînt **manșoanele.** Se deosebesc : *manșoane de legătură,* care servesc la înnădirea a două cabluri subterane ; *manșoane de derivație,* care se utilizează în locuri unde se fac derivații direct din cablu ; *manșoane* sau *cutii terminale,* care se montează la capătul unui cablu cu izolație de hîrtie.

## C. EXECUTAREA REȚELELOR SUBTERANE

**Procesul tehnologic al executării unei instalații cu cabluri subterane** cuprinde următoarele **operații :**

— însemnarea traseului liniei subterane ;
— săparea șanțului ;
— pozarea, așezarea cablurilor în șanțuri ;

— înnădirea cablurilor ;
— montarea manșoanelor de legătură, de derivație și a cutiilor terminale.

## 1. TRASAREA LINIEI

Însemnarea *traseului liniei subterane* se face ținîndu-se seamă de proiectul întocmit, astfel încît traseul să fie cît mai scurt posibil.

*Șanțul* se sapă în trotuarul unde se presupune că sînt mai mulți abonați, sau unde sînt stîlpi de iluminat public, la circa 1 m distanță de limita clădirilor sau gardurilor. Traversările de străzi se fac perpendicular pe acestea, și anume la capetele trotuarelor.

După ce traseul a fost stabilit după proiect, se pichetează, adică se însemnă cu țăruși (sau cu cretă pe asfalt).

## 2. SĂPAREA ȘANȚURILOR

Săparea șanțurilor se execută manual sau cu mașina de săpat șanțuri.

La săpăturile executate în orașe sau în incinta fabricilor trebuie luate măsuri pentru a nu se deteriora celelalte instalații subterane întîlnite (conducte de apă, de gaze, cabluri electrice etc.).

Pavajele de piatră de pe partea carosabilă a străzilor sau de pe trotuare se desfac cu grijă, pentru a putea fi puse la loc nedeteriorate. Pavajele de asfalt se taie cu ciocanul pneumatic, cu daltă lată și cu tîrnăcopul. Betonul se sparge pe o porțiune cu 20 cm mai lată decît lățimea șanțului, pentru ca betonul ce se va turna după astuparea șanțului să se sprijine pe pămînt nesăpat.

*Dimensiunile șanțului* care urmează să se sape sînt indicate de obicei în proiect. Adîncimea șanțului pentru cablurile de joasă tensiune este de 800 mm, iar lățimea superioară trebuie să fie cu circa 100 mm mai mare decît lățimea inferioară (de fund), care va fi de cel puțin 350 mm.

Pentru traversări se folosesc tuburi de ciment sau tuburi de beton cu găuri, pentru ca să nu se mai sape în partea carosabilă a străzii.

## 3. POZAREA CABLURILOR

**Așezarea cablurilor în șanțuri** se execută astfel :

— se așază pe fundul șanțului un strat de 100 mm nisip curat și uscat ;

— tamburul de cablu se așază pe cricuri sau capre. Cablul poate fi derulat din partea de sus a tamburului prin rotirea acestuia, desfășurarea nefiind permisă. Cablul desfășurat este purtat în mîini de muncitorii din echipă (o persoană pentru 2—2,5 m de cablu). Dacă porțiunea de traseu este dreaptă, *cablul poate fi desfășurat cu ajutorul rolelor,* care se așază pe fundul sau pe marginea șanțului, la fiecare 1,5—3 m. În acest caz, capătul cablului se fixează într-un dispozitiv special numit *ciorap de cablu* care, la rîndul său, este legat de o sîrmă rezistentă de

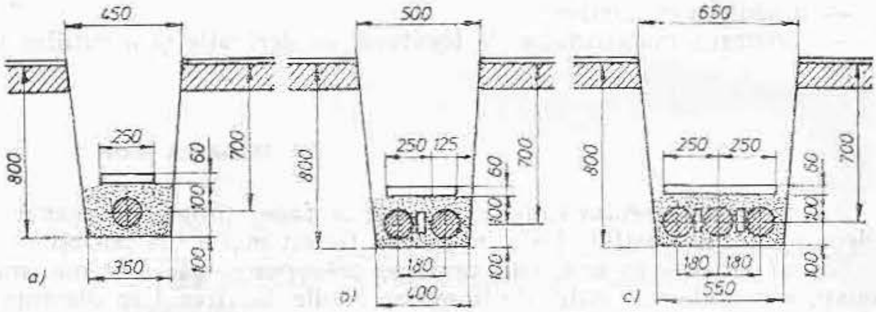



Fig. 5.1. Așezarea cablurilor în șanțuri.

oțel de care se trage. Deoarece cablul alunecă pe role, se micșorează mult efortul de întindere la care acesta este supus și se reduce numărul muncitorilor folosiți pentru derulare ;

— cablul se așază pe fundul șanțului, șerpuit, pentru ca atunci cînd șanțul va fi astupat și pămîntul va fi bătătorit, să nu fie supus la eforturi de tracțiune. În curbele traseului, cablul trebuie să aibă o rază de curbură de cel puțin 15 ori mai mare decît diametrul său ;

— se așază peste cablu un al doilea strat de nisip uscat, cu grosimea tot de 100 mm ; apoi se așază un strat de cărămizi, dispuse pe lat ;

— se umple apoi șanțul cu pămînt în straturi de cîte 20 cm, bătătorindu-se bine cu maiul fiecare strat.

În același șanț pot fi montate și cabluri de înaltă și de joasă tensiune. În acest caz, cablurile se separă între ele prin cărămizi puse în lungul șanțului. În figura 5.1, *a* este reprezentat un șanț în care s-a instalat un cablu de joasă tensiune, în figura 5.1, *b* un cablu de înaltă tensiune și unul de joasă tensiune, iar în figura 5.1, *c* trei cabluri.

La intersecția cablurilor de joasă tensiune cu cele de înaltă tensiune, primele se așază deasupra cablurilor de înaltă tensiune, pe un pat de cărămizi și pe un strat de pămînt.

Atunci cînd cablurile electrice subterane se încrucișează cu cablurile de telecomunicații, acestea din urmă se așază deasupra, iar cablurile de joasă tensiune se protejează, introducîndu-se pe o lungime de circa 2 m într-un tub de beton.

Dacă rețeaua electrică subterană trebuie să traverseze o șosea, cablul se montează la o adîncime de cel puțin 1,20 m, iar la traversarea unei căi ferate, adîncimea de pozare a cablului va fi de minimum 1,50 m. În ambele cazuri, cablurile se introduc în tuburi de beton sau de oțel, avînd diametrul de 100 mm. Trebuie avut în vedere ca la ieșirea din tub cablul să fie sprijinit pe un prag de pămînt bătut pentru a nu se deteriora armătura cablului.

Pozarea (așezarea) cablurilor se face, de regulă, atunci cînd temperatura aerului este mai mare de +4°C.

### 4. ÎNNĂDIREA CABLURILOR SUBTERANE

Înnădirea cablurilor subterane cu izolație din hîrtie sau din materiale plastice se execută cu ajutorul manșoanelor de legătură.

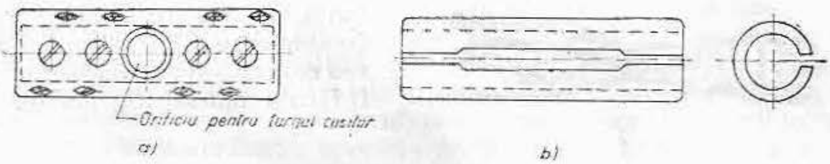



Fig. 5.2. Cleme de legătură :
a — clemă cu șuruburi ; b — clemă pentru îmbinare prin lipire.

### a. Materiale necesare

*Pentru înnădirea cablurilor sînt necesare :* cleme de legătură, masă izolantă și materiale anexe.

• **Clemele de legătură** sînt niște piese cilindrice, prevăzute cu mai multe șuruburi (fig. 5.2, *a*). Capetele conductoarelor care se leagă se introduc în clema respectivă și se fixează prin stringerea șuruburilor clemei.

• **Masa izolantă** este un produs bituminos sau de gudron. Prin încălzire se topește și se toarnă în manșonul de legătură, prin orificiul de pe capacul manșonului.

• **Materialele anexe** folosite la executarea legăturilor sînt : panglica izolantă lăcuită, cositorul, cartonul asfaltat etc.

### b. Lucrări pregătitoare

• *La locul instalării manșonului se sapă o groapă* care are sub locul de montare a manșonului o adîncitură cu secțiunea pătrată, cu latura de 25—30 cm și adîncimea tot de 25—30 cm.

• Indiferent de locul unde sînt așezate cablurile, la locul de înnădire, capetele de cablu trebuie să fie petrecute, încă de la pozarea lor, unul peste altul, pe o lungime de 1—1,5 m.

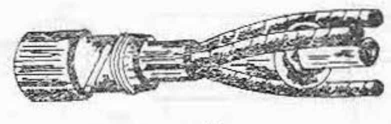
• *Înainte de începerea operației de înnădire se verifică dacă capetele de cablu sînt închise ermetic.* Dacă se observă o degradare a izolației de capăt, se îndepărtează cablul pe o lungime de circa 40—50 cm.

• *Se așază apoi cele două capete de cablu pe două suporturi* metalice sau de lemn, *pentru a putea fi mai ușor prelucrate.*

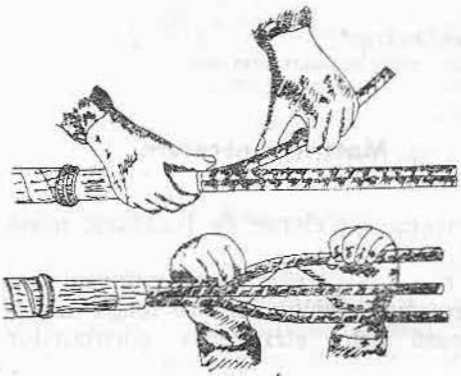
• Se taie capetele cablurilor cu ferăstrăul, în așa fel încît ele să poată fi așezate cap la cap. Apoi se așază pe fundul șanțului jumătatea inferioară a manșonului și se introduc provizoriu capetele cablului, însemnîndu-se locul pînă unde urmează să se îndepărteze învelișurile izolatoare.

• Se scot capetele cablurilor din manșon și se leagă bine cu sîrmă învelișul exterior al cablurilor, imediat sub locul însemnat. Se dezizolează apoi cablul, eliberîndu-se astfel conductoarele (vinele) cablului.

• Se îndepărtează capetele conductoarelor unul de altul prin curbare lentă și se introduc în niște distanțiere (șabloane) confecționate din porțelan sau din lemn fiert în ulei de in, pentru a menține o dis-



a



b

Fig. 5.3. Fasonarea capetelor de cablu :

a — fasonare după şablon ; b — fasonare manuală.

tanţă egală între capetele vinelor conductoare (fig. 5.3, a). *Fasonarea capetelor conductoarelor* poate fi făcută manual (fig. 5.3, b).

### c. Metoda de îmbinare a cablurilor

• **Îmbinarea cablurilor cu conductoare de cupru** se face de obicei, prin **metoda lipirii cu aliaje moi**, care prezintă avantajul că necesită o temperatură de lucru relativ joasă.

Se curăţă capetele conductoarelor cu o cîrpă muiată în benzină şi apoi se cositoresc. Capetele astfel pregătite se introduc în clema de legătură. Prin orificiul central al clemei se introduce apoi pastă decapantă şi se toarnă aliaj topit (70% cositor), pînă la umplerea completă a interiorului clemei de legătură.

• **Îmbinarea cablurilor cu conductoare de aluminiu** se face prin **sudare.** Capetele conductoarelor se topesc pentru ca acestea să devină masive şi se aşază apoi într-o formă din tablă de oţel, alcătuită din două jumătăţi ce se fixează cu sîrmă pe conductor. Spaţiul rămas liber între formă şi conductor se etanşează cu sfoară de azbest. Suprafaţa interioară a formei se acoperă cu un strat de cretă. Sudura se execută cu flacără oxiacetilenică. Capetele conductoarelor care trebuie să fie sudate se ung cu pastă de fondant şi apoi se topesc, adăugîndu-se şi o sîrmă de aluminiu pur ca material de adaos. După ce s-a răcit, se scoate forma şi se netezesc cu o pilă asperităţile sudurii. Acest mod de sudare se numeşte **sudare în forme deschise.**

Sudarea capetelor conductoare se poate face şi folosindu-se **forme închise.** Peste capetele conductoarelor înfăşurate cu sfoară de azbest, pe o distanţă de 25—40 mm, se montează forma închisă din fontă, compusă din două jumătăţi, unse pe dinăuntru cu grafit sau praf de humă. Forma se fixează pe conductoare cu sîrmă de legat, după care rosturile ei se etanşează cu humă. Se montează apoi ecranele de protecţie. Se încălzeşte forma pînă cînd capătă o culoare roşie-vişinie şi se introduce materialul de adaos pînă la umplerea pîlniei formei. Apoi continuîndu-se încălzirea formei la partea inferioară, se amestecă metalul lichid cu un ac metalic, pentru omogenizarea sudurii şi aducerea zgurii la suprafaţă. Sudura se freacă după răcire cu peria de sîrmă şi se finisează cu pila.

*O metodă introdusă recent în lucrările de montaj pentru înnădirea cablurilor cu conductoare de aluminiu este* **metoda lipirii cu metalizare în trepte.** După ce se dezvelesc de izolaţie, capetele conductoarelor se curăţă bine cu o perie din sîrmă de oţel îndepărtîndu-se pelicula de

oxid de aluminiu și apoi se acoperă cu un aliaj de staniu și zinc, în proporție de 35% Zn și 65% Sn. Se încălzește suprafața curățită a conductorului pînă la o temperatură apropiată de 300°C, folosindu-se în acest scop flacăra unei lămpi cu benzină sau a unui arzător de aragaz și se freacă cu o vergea de aliaj suprafața conductoarelor de aluminiu, începîndu-se cu vîrful acestora ; operația de metalizare astfel făcută se continuă pe rînd la toate capetele conductoarelor cablului.

Capetele metalizate ale conductoarelor se introduc apoi în clemele de legătură. Aliajul topit se toarnă în clemă pînă cînd se umple clema cu aliaj. După umplere se lasă clema să se răcească, fără a o mai mișca din loc în acest timp.

## 5. MONTAREA MANȘOANELOR

Manșonul se curăță în interior cu o cîrpă muiată în benzină. Se potrivește jumătatea inferioară a lui prin așezarea provizorie pe un pat de cărămizi sub porțiunea de cablu îmbinată.

La intrarea în gîtul manșonului, cablul se etanșează cu benzi de carton asfaltat.

Se așază cablul în manșon, fixîndu-se la capete cu brățări.

În spațiul de etanșare periferic al jumătății inferioare a manșonului se introduce o garnitură de iută impregnată, după care se așază jumătatea superioară. Cele două părți ale manșonului se îmbină apoi prin strîngerea șuruburilor de fixare.

Pentru a se asigura continuitatea electrică a învelișurilor metalice ale cablului, la fiecare capăt al cablului se lipește de învelișurile metalice, prin cositorire, cîte un conductor numit *conductor de legare la pămînt*. Capetele acestor conductoare se fixează la șuruburile respective, aflate în partea superioară a manșonului.

La alte manșoane, conductorul de legare la pămînt se leagă mai întîi de șurubul prevăzut la un capăt al carcasei inferioare ; apoi, conductorul se înfășoară de 2—3 ori peste armătura metalică a capătului de cablu și se lipește cu aliaj de lipit, folosindu-se un ciocan de lipit. În continuare, conductorul de legare la pămînt se așază pe fundul carcasei pînă la cel de-al doilea capăt de cablu, unde operațiile se repetă. Urmează apoi operația de umplere a manșonului de legătură cu masă izolantă neagră (bitum).

Manșonul se încălzește la flacăra unei lămpi cu benzină pînă la temperatura de circa 50°C ; în același timp este încălzită și masa izolantă pînă la 110—125°C.

Umplerea manșonului se face în trei reprize, și anume :

— pînă la conductorul superior ;

— pînă la capacul superior ;

— completarea după contracție.

*Înainte de răcirea completă a masei izolante se strîng bine toate șuruburile, care îmbină cele două jumătăți ale manșonului.* Se prind apoi șuruburile capacului manșonului, așezîndu-se pe capac și o etichetă cu numele executantului.

## 6. EXECUTAREA DERIVAȚIEI CABLURILOR

Derivațiile din cablurile subterane se realizează prin intermediul manșoanelor de derivație.

*Manșoanele de derivație se folosesc* numai la cabluri armate montate în pămînt și sînt prevăzute cu carcase din fontă pentru protejarea îmbinării.

*Materialele întrebuințate pentru executarea derivațiilor* la cablurile de joasă tensiune sînt : clemele de înnădire și derivație, clemele de derivație în formă de T, masă izolantă.

*Cazurile cele mai des întîlnite de executare a derivațiilor sînt acelea în care cablul principal nu se taie, legătura conductoarelor derivate cu cele ale cablului principal făcîndu-se prin cleme.* Îmbinările se execută prin strîngere mecanică. Cablul principal se dezizolează și apoi se distanțează conductoarele astfel încît ele să formeze colțurile unui pătrat (fig. 5.4). Conductorul de nul trebuie să fie plasat în colțul de jos al pătratului.

Se dezizolează apoi pe o lungime de 25—30 mm conductoarele cablului și se curăță bine cu cîrpă înmuiată în benzină.

Operația de dezizolare se execută și la capetele conductoarelor cablului derivat, care apoi se cositoresc (cele de cupru) sau se metalizează (cele de aluminiu).

Capetele conductoarelor se fixează prin lipire cu aliaj de lipit la cîte un papuc, care se fixează în șurubul clemei. Se montează apoi clemele cu gheare, fixîndu-se conductoarele cablului de derivație de cel principal, ca în figura 5.5.

*Montarea manșoanelor de derivație din fontă, umplerea acestora cu masa neagră bituminoasă sînt întrutotul asemănătoare cu acelea privind montarea manșoanelor de legătură.*

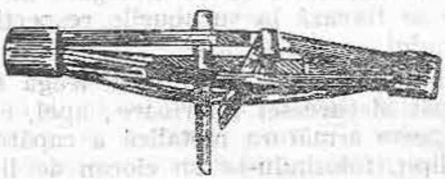


Fig. 5.4. Distanțarea fazelor cu ajutorul penelor de lemn.

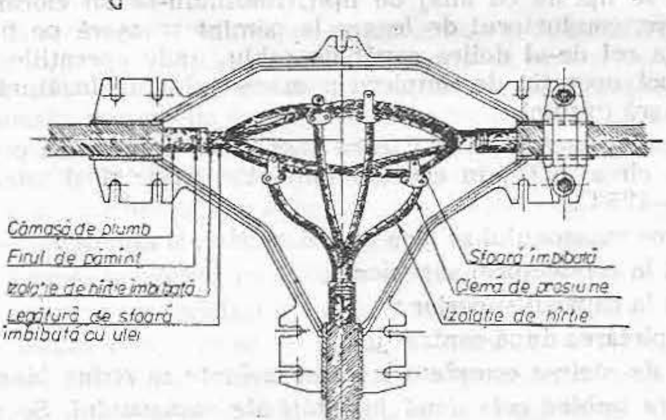



Fig. 5.5. Derivația unui cablu într-un manșon de derivație.

Manşoanele (cutiile) terminale se montează la capătul unui cablu cu izolaţie de hîrtie, fie că acest cablu alimentează un abonat, fie că este legat la barele unui tablou de distribuţie.

*Manşoanele terminale se clasifică* în :

— *manşoane terminale de interior*, care pot fi confecţionate din fontă sau din plumb ;

— *manşoane terminale de exterior*, care pot fi confecţionate din tablă de oţel sudată sau din fontă.

• **Montarea manşoanelor terminale de interior** se execută astfel (fig. 5.6) :

— se îndepărtează straturile de izolaţie ale cablului şi se scot capetele vinelor conductoare. Pe o porţiune de circa 30 mm a conductoarelor se scoate şi izolaţia de pe conductoare, astfel încît capătul superior al locului dezgolit să fie la 15—20 mm distanţă faţă de capacul manşonului terminal. Locul dezgolit se limitează cu bandajele de sfoară impregnată, pentru a se evita desfăşurarea restului izolaţiei. Firele conductorului se desfac (se cască), astfel încît masa izolantă ce se va turna să pătrundă între fire şi să împiedice intrarea umezelii în interiorul cablului ;

— se lipeşte capătul conductorului de legare la pămînt de mantaua de plumb a cablului ;

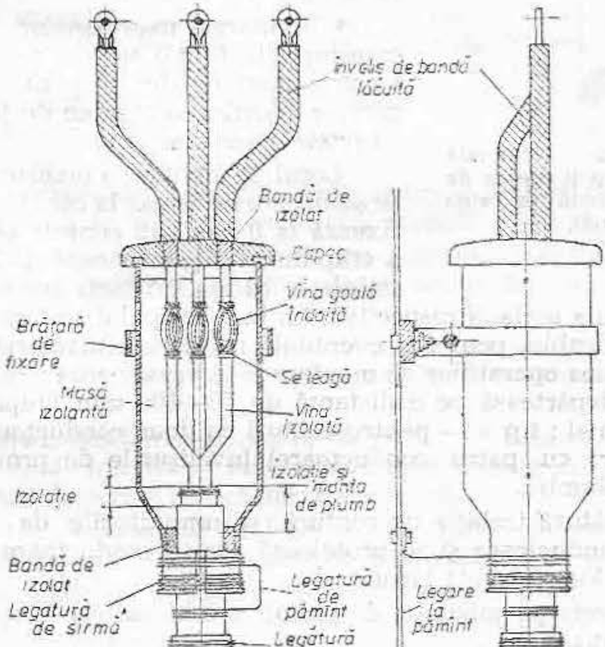



Fig. 5.6. Manşon terminal pentru cablu de interior.

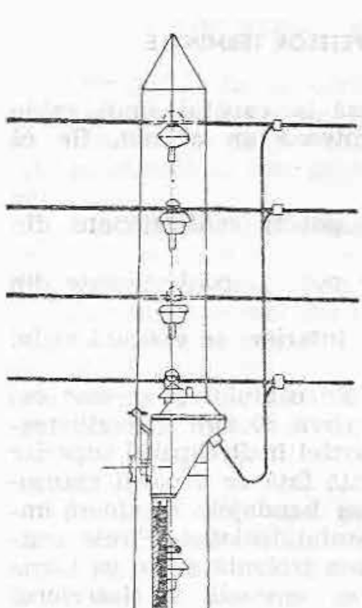


Fig. 5.7. Cutie terminală montată pe stîlp (trecerea de la rețea subterană la rețea aeriană).

— se introduce cablul în manșonul terminal, se etanșează gîtul cu carton gudronat, se scoate conductorul de legare la pămînt printr-un orificiu special al manșonului terminal, se fixează piesa de distanțare a conductorului cablului și se toarnă apoi masa izolantă, care a fost pregătită în prealabil;

— după răcirea masei izolante se scot conductoarele prin orificiile respective ale capacului și se fixează capacul manșonului;

— se înfășoară cu pînza lăcuită izolația de hîrtie a conductoarelor care ies din manșon, aplicîndu-se apoi cu pensula un strat de lac de bachelită;

— se dezizolează capetele conductoarelor pe lungimea necesară, pentru a se fixa papucii pe cablu. În cazul conductoarelor de cupru, papucii (care sînt din aliaje de cupru) se fixează prin cositorire. În cazul conductoarelor de aluminiu, papucii (care sînt tot de aluminiu) se fixează prin sudare, folosindu-se o formă specială, prevăzută cu un ecran care protejează papucul contra contactului direct cu flacăra.

• **Montarea manșoanelor terminale de exterior** (din fontă) *se face pe stîlpii liniilor electrice aeriene* (fig. 5.7). Ele servesc la legarea cablurilor subterane de joasă tensiune cu rețelele aeriene.

Locul de montare a manșonului terminal se stabilește de la caz la caz. În general, el se fixează la 0,5 m sub consola cea mai de jos a stîlpului. Lungimea capătului de cablu se stabilește în așa fel încît acesta să poată fi racordat la linia aeriană respectivă. La baza stîlpului se lasă o rezervă de 1—2 spire de cablu, pentru o eventuală refacere a manșonului terminal.

**Succesiunea operațiilor de montare** este următoarea:

— se îndepărtează pe o distanță de 70—100 mm (după tipul manșonului terminal: tip *a* — pentru cabluri cu două conductoare și tip *b* — pentru cabluri cu patru conductoare) învelișurile de protecție pînă la mantaua de plumb;

— se înlătură izolația de centură și umpluturile de hîrtie sau de iută dintre conductoare și se protejează aceste conductoare pe circa 2/3 din lungimea lor cu bandă lăcuită;

— se lipește pe mantaua de plumb a cablului conductorul de punere la pămînt;

— se introduce capătul cablului în manșon;

— prin gîtul manșonului se scoate conductorul de punere la pămînt și se prinde de unul dintre șuruburile bridei de fixare a cutiei;

— se controlează așezarea conductoarelor (acestea trebuie să nu atingă capacul cutiei), se așază garnitura de iută și se montează capacul;

— manșonul astfel montat se umple cu masă neagră izolantă, care se toarnă prin orificiul de la partea superioară.

Legarea (racordarea) conductoarelor de cupru ale cablurilor la liniile aeriene se face cu cleme universale de cupru sau de alamă, iar a conductoarelor de aluminiu sau oțel-aluminiu cu cleme din bară trasă de aluminiu.

*Defectele care apar în rețelele subterane se produc de cele mai multe ori în punctele de legătură, adică în manșoanele de legătură, de derivație sau în manșoanele terminale.*

## D. MĂSURI SPECIFICE DE PROTECȚIE A MUNCII

• **La executarea lucrărilor de pozare** a rețelelor electrice subterane trebuie respectate unele reguli cu privire la tehnica securității muncii. Astfel:

— *Este interzis a se arunca tamburul de cablu de la orice înălțime.* Dacă nu se dispune de macarale sau de capre speciale, tamburele vor fi coborîte de pe vehiculul de transport pe un plan înclinat construit special. Rostogolirea tamburelor se va face numai în sensul săgeții indicate pe ele, adică astfel încît la rostogolire cablul să nu se desfacă de pe tambur, ci din contră să se stringă pe el.

— Tamburul de cablu, dus la marginea canalului de cablu săpat, se ridică cu ajutorul unor cricuri, asigurîndu-se o distanță suficientă între tambur și suprafața pămîntului. După îndepărtarea scîndurilor de protecție de pe tambur se aplică un dispozitiv de frînare pe mosorul tamburului( tobă) și se desfășoară cablul. Cablul *va fi ținut în mîini de către echipa de instalatori, nu așezat pe umeri. Muncitorii vor fi echipați cu mănuși de pînză de cort.* Pe măsură ce se desfășoară, cablul va fi lăsat încet în șanț, fără a fi aruncat.

• **În timpul executării lucrărilor de înnădire a cablurilor** trebuie respectate unele norme de tehnică a securității muncii.

— Astfel, în locurile unde vor fi montate manșoanele de legătură se va proceda la *îngrădirea locurilor de muncă și la acoperirea lor cu un cort.*

— Masa izolantă necesară pentru umplerea manșoanelor trebuie să fie bine încălzită într-un cazan metalic, prevăzut cu capac și cuvă de scurgere.

— *Pregătirea, încălzirea și luarea de pe foc a cazanului cu masă izolantă se execută cu ajutorul montorului,* care trebuie să fie *echipat cu mănuși din pînză de cort și cu ochelari de protecție.*

— *Umplerea manșonului se face de lucrătorul electrician, echipat,* de asemenea, *cu mănuși din pînză de cort* și *cu ochelari de protecție.*

— Cînd se execută înnădirea conductoarelor cablului nu *este permisă transmiterea din mînă în mînă a cutiei sau vasului* cu aliajul de lipit topit, înainte de a fi fost în prealabil așezat pe pămînt, de unde urmează a fi ridicat de cealaltă persoană. Încălzirea, manevrarea și transportul cutiei cu aliaj de lipit sînt executate de către *ajutorul instalatorului electrician, care trebuie să poarte mănuși și ochelari de protecție.*

— Amestecarea masei izolante topite sau a aliajului de lipit trebuie să se facă cu ajutorul unei vergele metalice sau cu o lingură meta-

lică încălzită în prealabil. Nu vor fi utilizate în nici un caz bețe de lemn, care datorită umidității pe care o conțin pot dăuna calității materialelor respective.

— *Vergeaua sau lingura metalică se introduce în cazan numai un timp foarte scurt,* strict necesar pentru amestecare.

VERIFICAREA CUNOȘTINȚELOR

1. Se pot monta în același șanț cabluri de înaltă tensiune, cu cele de joasă tensiune ?
   *a.* Da.
   *b.* Nu.
2. Tehnologia de înnădire a cablurilor subterane depinde :
   *a.* de tipul de izolație al cablului ?
   *b.* de materialul conductor ?
   c. ambele ?
3. Cum se asigură legarea la pămînt a cablurilor din interiorul manșoanelor ?
4. Executarea derivației cablurilor se realizează prin interiorul manșoanelor de derivație. În acest caz :
   *a.* cablul principal se taie ?
   *b.* cablul derivație nu se taie și se leagă prin cleme ?
   c. cablurile se lipesc între ele ?
5. Ce asemănare și ce deosebire există între tehnologia de montare a manșoanelor de legătură, de derivație și terminale ?

CAPITOLUL 6

# TABLOURI DE DISTRIBUȚIE

## A. GENERALITĂȚI

Prin liniile aeriene sau subterane se realizează alimentarea cu energie electrică a marilor consumatori : întreprinderi, secții, clădiri sociale sau locuințe.

Numărul receptoarelor alimentate de la un singur circuit este însă limitat. Pentru acest motiv o instalație electrică cuprinde mai multe circuite, alimentate de la o singură sursă. Pe de altă parte, din anumite cauze, intensitatea curentului poate fi uneori prea mare, iar căldura degajată prin efect Joule-Lenz poate produce arderea izolației conductoarelor și deci scurtcircuite, care periclitează instalația. Apare necesitatea unor dispozitive care să permită ramificarea acestor circuite, așa cum o cere situația locală și importanța instalației respective. Aceste dispozitive se numesc *tablouri de distribuție*.

• Tablourile de distribuție au următoarele **funcții :**

— să fixeze și să protejeze aparatele de manevră, de măsurat și de protecție, necesare distribuției energiei electrice ;

— să permită localizarea defectelor produse prin supraîncărcări sau scurtcircuite, precum și înlocuirea siguranțelor care s-au topit ;

— să distribuie energia electrică la mai multe circuite, pentru ca în cazul arderii unei siguranțe să nu se întrerupă funcționarea tuturor consumatorilor.

• **După destinația pe care o au,** tablourile de distribuție se împart în : tablouri generale, principale și secundare.

**Tabloul general** de distribuție este cel care primește energia electrică, la o tensiune sub 1 000 V, de la sursa de energie sau de la rețea.

**Tabloul principal** primește energia electrică de la tabloul general și alimentează tablourile secundare.

**Tabloul secundar** deservește unul sau mai multe receptoare.

• *În cazul în care tabloul general de distribuție alimentează cu energie electrică mai multe tablouri principale, prin circuite separate,* **distribuția** *se numește* **radială.**

În figura 6.1, se reprezintă schema de principiu a unei distribuții radiale. Prin branșamentul *B* se alimentează cu energie electrică punctul de alimentare *C* (care poate să fie un cofret în cazul construcțiilor civile sau un post de transfazare în cazul distribuțiilor de energie în industrie), care, la rîndul său alimentează tabloul general de distribuție *TG*. De aici, energia electrică este distribuită, prin circuite separate, la tablourile

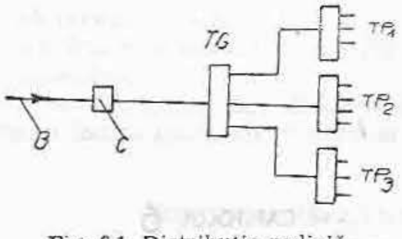



Fig. 6.1. Distribuţie radială.

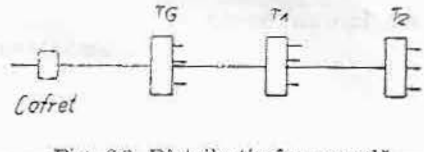



Fig. 6.2. Distribuţie în cascadă.

principale $TP_1$, $TP_2$, $TP_3$ care deservesc consumatorii sau pot alimenta alte tablouri secundare de distribuţie.

*Dacă însă tabloul general distribuie energie electrică printr-un circuit la un tablou principal, iar acesta alimentează un tablou de distribuţie secundar, deci mergînd din tablou în tablou* (fig. 6.2), **distribuţia** *se numeşte* **în cascadă.**

În figura 6.2, se poate observa că sistemul de distribuţie în cascadă prezintă un mare dezavantaj : dacă circuitul de alimentare al tablourilor $T_1$ şi $T_2$, iese accidental din funcţiune, se întrerupe alimentarea cu energie electrică a tablourilor în cascadă şi, deci, a tuturor consumatorilor legaţi de acestea.

De aceea se foloseşte, îndeosebi, sistemul de distribuţie radială, celălalt sistem fiind utilizat în cazuri speciale.

• Tablourile de distribuţie se confecţionează numai din materiale necombustibile şi nehigroscopice. Tablourile electrice de distribuţie pot fi construite într-unul dintre următoarele tipuri :

— **tablouri neprotejate** (deschise), care nu sînt protejate contra atingerilor şi deteriorărilor mecanice şi se montează în încăperi uscate, fără praf, fără pericol de incendiu sau de explozie ;

— **tablouri protejate,** care sînt închise în cutii protectoare sau în dulapuri metalice şi nu se pot monta în încăperi, cu pericol de explozie sau de incendiu decît cele executate special pentru astfel de situaţii.

## B. TABLOURI DE DISTRIBUŢIE PENTRU LOCUINŢE

Tablourile de distribuţie pentru locuinţe *servesc la asigurarea protecţiei circuitelor electrice din clădirile de locuit,* precum şi din clădirile sociale, birouri etc.

### a. Clasificare

• **După locul de instalare** tablourile pot fi :

— *tablouri de branşament,* care asigură racordarea clădirii la reţeaua de energie electrică şi protecţia generală ;

— *tablouri de firidă* care asigură protecţia mai multor apartamente ;

— *tablouri de apartament* care asigură distribuţia şi protecţia circuitelor din apartament.

În figura 6.3 este exemplificată distribuţia şi modul de amplasare a acestor tablouri.

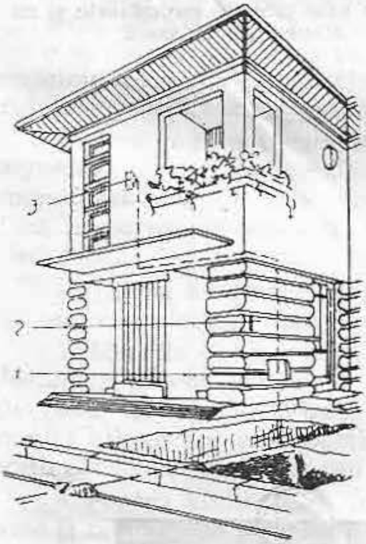



Fig. 6.3. Amplasarea tablourilor pentru alimentarea unei locuințe cu mai mutle apartamente :

1 — tablou de branșament ; 2 — tablou de firidă ; 3 — tablou de apartament.

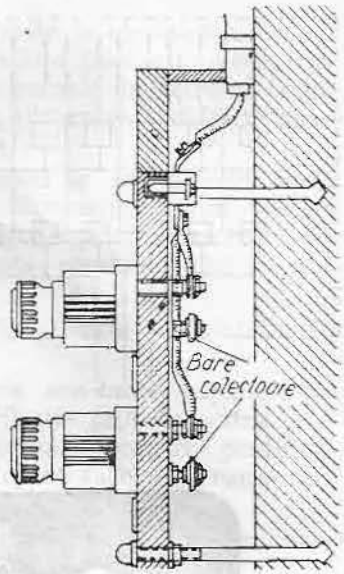



Fig. 6.4. Tablou de distribuție din marmură.

• **După materialul din care sînt confecționate și soluția constructivă** tablourile pot fi :

— *tablouri de marmură ;*

— *tablouri din profile metalice ;*

— *tablouri metalice cu capac.*

## b. Tipuri constructive de tablouri de distribuție

• **Tablourile de distribuție din marmură** (fig. 6.4) se compun dintr-o placă de marmură pe care se montează elementele de siguranță, bornele, etichetele circuitelor și eventualele aparate de manevră.

Placa de marmură are forma dreptunghiulară sau pătrată, dimensiunile sale variind după numărul circuitelor care pornesc de la tabloul pentru care se confecționează. La rîndul său, numărul circuitelor depinde de alimentarea monofazată sau trifazată a tablourilor de distribuție.

*De obicei, tablourile de marmură alimentate monofazat* (tablouri secundare) *au de la 1 la 4 circuite. Tablourile de la care derivă un număr mai mare de circuite* (tablouri principale) *sînt alimentate trifazat.*

Conductoarele de alimentare ale tabloului de distribuție (sosirile la tablou) se leagă la bornele tabloului. Dacă alimentarea tabloului este monofazată, se montează două borne de intrare, iar dacă alimentarea este trifazată, se montează patru borne (trei borne pentru faze și una pentru nul).

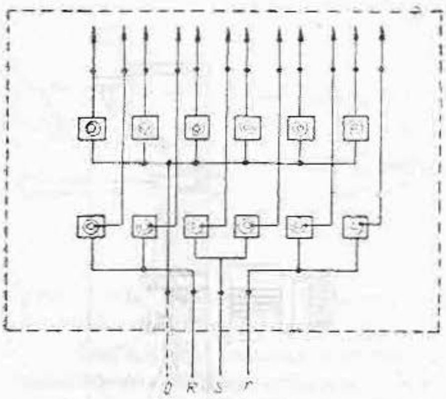



Fig. 6.5. Schema legăturilor la un tablou cu șase circuite monofazate și cu alimentare trifazată.

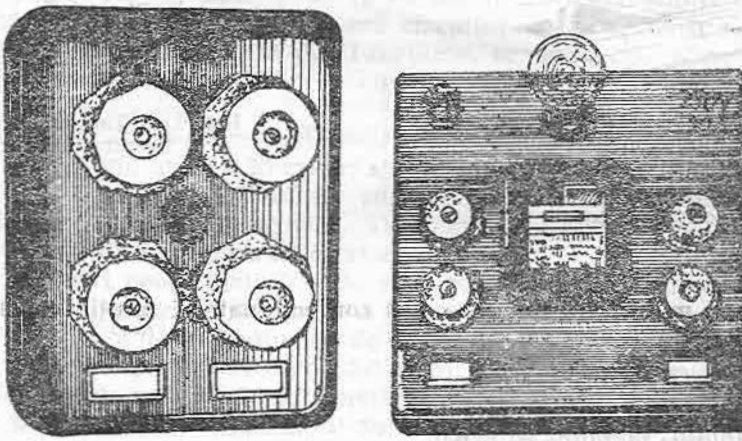


Fig. 6.6. Tablouri de distribuție cu capac (mască) metalic.

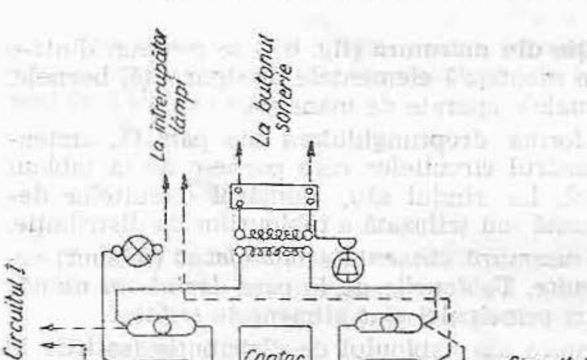



Fig. 6.7. Schema electrică pentru un tablou cu 3 circuite.

De la bornele de intrare se fac apoi legăturile la elementele de siguranță, iar de aici, la bornele de ieșire din tablou (plecări), așezate în linie orizontală în partea de sus a tabloului. La bornele de ieșire se leagă capetele (plecările) circuitelor de utilizare, care alimentează diferite aparate receptoare : lămpi, prize etc.

*Pentru fiecare circuit monofazat se montează la tablou cîte două siguranțe* (fază și nul) *și două borne de ieșire*. Siguranțele unui circuit monofazat se așază una sub alta, și anume : siguranța conductorului de fază în partea de sus a tablourilor, iar siguranța conductorului de nul dedesubt.

În figura 6.5 este reprezentată schema unui tablou de distribuție cu șase circuite monofazate alimentat trifazat.

*Tablourile de marmură se fixează pe perete sau într-o nișă anume făcută în perete.* Înălțimea tablourilor de distribuție față de podea este de circa 1,80 m. Protejarea tablourilor de marmură contra prafului, contra atingerilor sau căderilor de obiecte străine se face prin rame sau cutii construite din lemn sau din tablă de oțel.

• Pentru alimentarea instalațiilor de iluminat din locuințe se folosesc și **tablouri de distribuție cu mască metalică.**

*Tablourile de distribuție cu mască metalică sînt dimensionate pentru patru elemente de siguranță, sau pentru șase elemente de siguranță.* În figura 6.6 este reprezentat un tablou de distribuție tip C 2.

*Pe lîngă siguranțe, ele mai pot conține un contor monofazat, un corp de iluminat, un clopot și un transformator de sonerie.* În figura 6.7 este reprezentată schema pentru un tablou care conține elementele menționate mai sus : legăturile desenate punctat se execută de instalatorul electrician la montarea tabloului. Puterea lămpii electrice montate pe un asemenea tablou trebuie să nu depășească 60 W.

• **Tablourile de firidă** se execută din profile metalice și cuprind siguranțe fuzibile. Ele se montează într-o firidă prevăzută cu o ușă metalică ce se poate deschide numai cu o cheie specială de către electricienii întreprinderii de distribuție a energiei electrice.

Locatarii au acces numai la tablourile din apartamente, pentru înlocuirea patroanelor de siguranțe arse în caz de defect în instalație sau suprasarcină.

## C. TABLOURI DE DISTRIBUȚIE PENTRU INDUSTRIE

Pentru distribuția energiei electrice la consumatorii de putere mai mare din întreprinderile industriale, se folosesc tablouri de distribuție protejate contra loviturilor mecanice, a prafului etc.

**Din punct de vedere constructiv,** tablourile de distribuție se clasifică în următoarele grupuri mari :

— *tablouri capsulate ;*
— *tablouri deschise ;*
— *dulapuri ;*
— *tablouri debroșabile.*

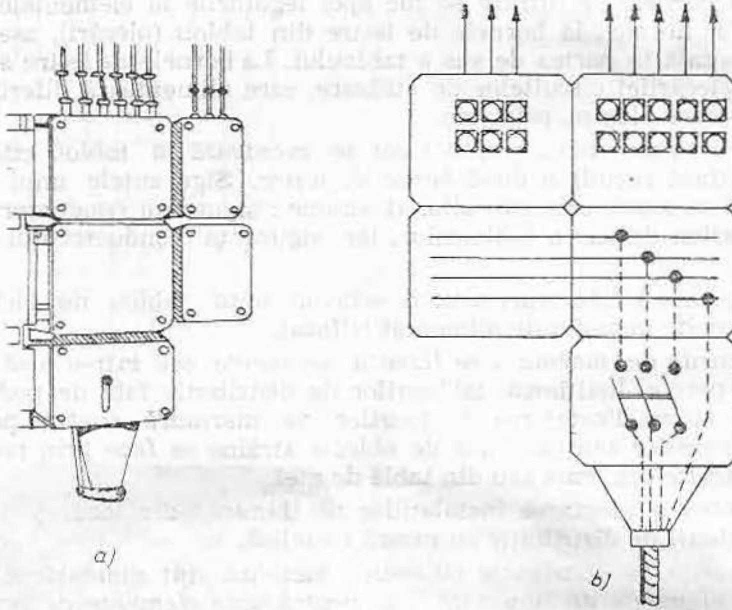



Fig. 6.8. Tablouri capsulate :
*a* — vedere generală ; *b* — componență.

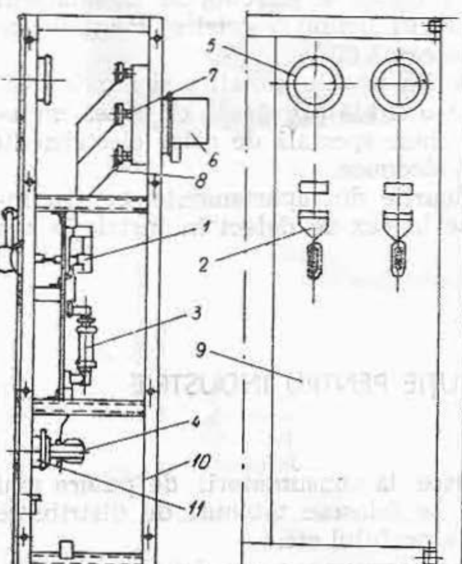



Fig. 6.9. Tablou deschis :
*1* — întreruptor cu pîrghie ; *2* — dispozitivul de acționare al întreruptorului ; *3* — siguranță fuzibilă ; *4* — transformator de curent ; *5* — ampermetru ; *6* — contor ; *7* — izolator de susținere ; *8* — bare ; *9* — panou ; *10* — cadru ; *11* — suport.

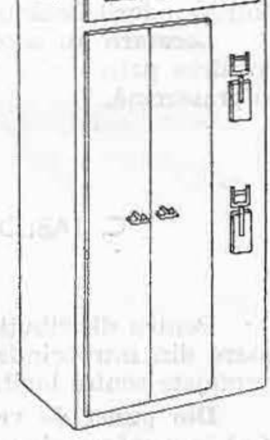


Fig. 6.10. Dulap de distribuție.

• **Tablourile capsulate** constau dintr-o serie de cutii independente (fig. 6.8), echipate cu aparate sau elemente de distribuţie şi legate între ele. Echiparea cu aparate a tablourilor capsulate este mai redusă decît a panourilor, datorită spaţiului mai restrîns, iar curentul nominal nu depăşeşte 630 A, maximum 1 000 A.

• **Tablourile deschise** sînt alcătuite dintr-un schelet metalic, pe care sînt fixate foi din tablă de oţel. În partea frontală, unele tipuri sînt prevăzute cu uşi de acces, iar în spate sînt deschise (fig. 6.9).

• **Dulapurile** (fig. 6.10), spre deosebire de tablourile deschise, sînt închise complet, fiind prevăzute cu uşi în faţă. Dulapurile şi panourile se asamblează între ele alăturat, în numărul cerut de schema electrică a instalaţiei. Montarea panourilor la locul de exploatare se face de obicei cu culoar în spate, pentru controlul aparatelor.

• **Tablourile debroşabile** (fig. 6.11) sînt constituite din dulapuri sub formă de unităţi tipizate în privinţa echipării cu aparataj electric, care se pot asambla alăturat.

Caracteristic acestor tablouri este faptul că sînt complet închise, aparatele, blocurile sau sertarele cu aparate fiind debroşabile şi montate în casete închise.

Avantajele unui astfel de tablou sînt :

— asigură separarea circuitelor ;

— oferă protecţia personalului de deservire şi nu necesită scoaterea de sub tensiune a întregii instalaţii în timpul lucrului la unul dintre circuite ;

— asigură depanarea rapidă prin înlocuirea sertarelor defecte ;

— prezintă siguranţă în exploatare, deoarece defectul produs la un circuit nu se poate extinde la circuitele vecine sau la bare, fapt care ar conduce la scoaterea completă din funcţiune a instalaţiei ;

— permite obţinerea de dimensiuni reduse.

*Tablourile debroşabile de joasă tensiune au o echipare cu aparate mult mai completă decît tablourile capsulate, cuprinzînd practic toate tipurile de aparate.*

Aparatele mai mari, cum sînt întreruptoarele automate se montează cîte unul în fiecare sertar, în timp ce aparatele cu gabarit mai redus ca releele, contactoarele, siguranţele fuzibile, se montează grupate pe circuite, în acelaşi sertar.

În unele cazuri, tablourile debroşabile conţin şi transformatorul de putere împreună cu aparatajul aferent.

• **Observaţii.** Faţă de tablourile capsulate, tablourile deschise prezintă avantajul unui spaţiu interior mai mare, deci a posibilităţii de montare a aparatajului celui mai diferit şi a instalaţiilor electrice de mare putere.

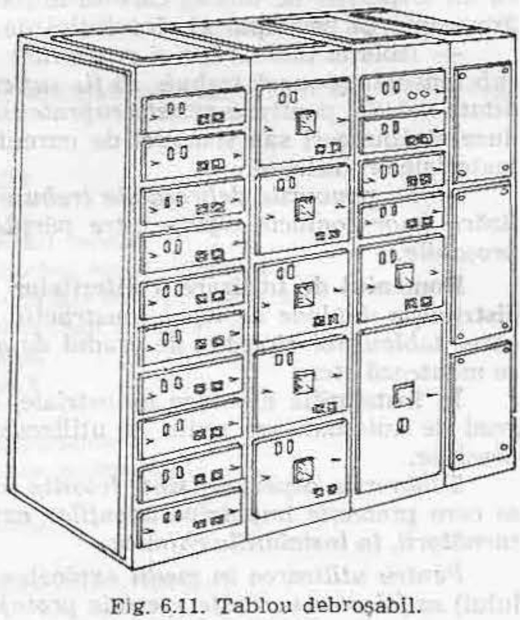


Fig. 6.11. Tablou debroşabil.

*Din echipamentul tablourilor deschise pot face parte* : întreruptoare automate, contactoare, separatoare, siguranțe fuzibile, întreruptoare cu pîrghie și pachet, aparate de măsurat de orice tip, precum și unele dispozitive speciale ca : redresoare, transformatoare etc.

Tablourile deschise pot conține circuite cu curenți nominali mari, de ordinul kiloamperilor. Au însă următoarele dezavantaje față de panourile debroșabile :

— aparatele sînt montate fix. Orice înlocuire a unui aparat necesită demontarea vechiului aparat și a legăturilor sale electrice, precum și montarea completă a aparatului nou, ceea ce conduce la durate importante de întrerupere a funcționării stației ;

— lipsa pereților de separare interiori poate produce, în caz de defecțiune, avarii grave.

• **Dintre condițiile impuse de** STAS 5358-68 **tablourilor de distribuție** se menționează :

— *Protecția împotriva atingerilor accidentale a părților sub tensiune trebuie să fie asigurată prin construcție.* Pentru a se preveni pericolul de accidentare prin punerea la masă a unei faze, carcasele metalice se leagă la pămînt. Se permite ca numai o singură cutie sau panou să fie legat la pămînt, celelalte fiind legate electric cu acesta.

Siguranțele cu filet trebuie montate sub o placă izolantă pentru a se elimina posibilitatea atingerii pieselor sub tensiune la schimbarea patroanelor.

— *Construcția tablourilor capsulate și panourilor trebuie să asigure o încălzire normală, la curentul nominal, a aparatelor incluse.*

Această condiție se îndeplinește prin dimensionarea suficient de largă a cutiilor și panourilor. Se admite, de asemenea, ca aparatele folosite să aibă curenți proprii mai mari decît curentul nominal al instalației, deci o reducere a curentului nominal al aparatelor.

— *Construcția panourilor și tablourilor trebuie să asigure capacitatea de rupere a aparatelor,* prin prevederea unor spații suficiente, *ca arcul electric de întrerupere să nu atingă părți sub tensiune sau părți metalice legate la pămînt.*

Separatoarele, care nu au capacitatea de rupere trebuie prevăzute cu un dispozitiv de blocaj, care să împiedice deschiderea lor atît timp cît întreruptorul principal al circuitului de alimentare este închis.

— *Izolația tablourilor și panourilor între faze sau între părțile aflate sub tensiune și masă trebuie să fie suficientă, chiar și în condiții de umiditate mărită, pentru a rezista supratensiunilor accidentale,* fără a se produce străpungeri sau scurgeri de curent la suprafață sau prin interiorul materialelor izolante.

— *La panourile debroșabile trebuie acordată o atenție deosebită realizării unor contacte sigure între părțile fixe ale panourilor și cele debroșabile.*

**Domeniul de utilizare a diferitelor tipuri de tablouri de comandă și distribuție** *depinde de tipul constructiv al tabloului, de echiparea sau în cazul tablourilor tipizate, de gradul de automatizare al instalației în care se montează etc.*

În instalațiile electrice industriale și în alte instalații similare cu grad de automatizare redus se utilizează tablouri capsulate sau panouri deschise.

*Tablourile capsulate sînt folosite obligatoriu în instalațiile în care se cere protecție împotriva agenților externi : în exteriorul clădirilor, în turnătorii, în instalațiile chimice.*

*Pentru utilizarea în medii explozive* (de exemplu, în industria petrolului) *se folosesc variante speciale protejate împotriva exploziilor.* În acest

caz cutiile se execută din materiale de turnare, ca fontă sau aliaje de aluminiu, cu rezistență mărită la acțiunea mediului extern și la presiune, în timp ce pentru instalații interioare în mediul normal se utilizează construcții mai ușoare din tablă sau materiale plastice.

*În execuția instalațiilor electrice din centrale și întreprinderi industriale* se utilizează curent *panouri deschise și dulapuri.*

*În instalațiile electrice moderne din centrale electrice, stații și întreprinderi industriale cu grad înaintat de automatizare,* panourile deschise sînt înlocuite cu *panouri debroșabile.*

Procesele tehnologice moderne impun alimentarea continuă cu energie electrică. O scurtă întrerupere a alimentării poate provoca pagube economice importante. Panourile debroșabile corespund acestei cerințe, deoarece permit înlocuirea rapidă a elementului defect, fără scoaterea de sub tensiune a întregii instalații.

## D. MĂSURI SPECIFICE DE PROTECȚIE A MUNCII

Procesul tehnologic pentru confecționarea și echiparea tablourilor electrice impune ca atît cei care conduc procesul de protecție cît și cei din atelier să respecte următoarele reguli de protecție a muncii :

- *spațiile de lucru să nu fie aglomerate de materiale sau utilaje ;*
- lîngă mesele de lucru sau în jurul tablourilor (dulapurilor) să se creeze *spațiul necesar desfășurării procesului de producție, fără pericol de accidente ;*
- *muncitorii să fie echipați cu haine de protecție* necesare operațiilor tehnologice pe care le execută (mănuși, șorțuri, ochelari de protecție etc.) ;
- *să se verifice permanent starea sculelor și utilajelor* în special a mașinilor de găurit electrice. Cablul de alimentare să nu fie deteriorat, conductorul de împămîntare să fie corect legat și să nu prezinte uzură mecanică ;
- pe șantier, la montare, *să se folosească casca de protecție ;*
- *pentru iluminarea spațiului de lucru* la șantier *să se folosească sursa de energie* de 12—24 V ;
- *distanța dintre un tablou și utilajul cel mai apropiat să fie mai mare de un metru.*

### VERIFICAREA CUNOȘTINȚELOR

1. Tablourile de distribuție sînt necesare :
   a. pentru a primi și a distribui energia electrică ?
   b. pentru a fixa și a proteja aparatele de manevră ?
   c. pentru a executa instalații mai ieftine ?
2. În apartamente se utilizează :
   a. tablouri de branșament ?
   b. tablouri de firidă ?
3. Ce conține nu tablou de apartament ?
   a. Borne de intrare și ieșire, siguranțe ?
   b. Soneria ?
   c. Întreruptoare monopolare ?
   d. Contorul ?
4. Ce avantaje prezintă tablourile debroșabile ?

CAPITOLUL 7

# POSTURI DE TRANSFORMARE

## A. GENERALITĂȚI

Centralele electrice produc energia electrică la tensiune înaltă, de obicei de 6 kV. *Pe lîngă centralele de mare putere există* **stații de transformare** *destinate a ridica tensiunea*, de exemplu, de la 6 kV *pînă la o tensiune mai înaltă, în vederea transportării energiei electrice pînă la rețeaua sistemului electroenergetic regional sau național*. Acestea se numesc **stații de transformare ridicătoare de tensiune.**

În figura 7.1 este prezentată schema unei rețele de înaltă tensiune, de transport și distribuție. În centrala *CE* se produce energia electrică, de exemplu, la tensiunea de 6 kV. În stația de transformare ridicătoare *STr*, tensiunea este mărită de la 6 kV la 110 kV ; la această tensiune, energia electrică este transportată prin linia de transport $LT_1$ pînă la stația de transformare coborîtoare de tensiune *STc*, unde tensiunea este redusă pînă la 35 kV. Din stația *STc* pornesc liniile $L_1$, $L_2$, $L_3$ care alimentează stațiile coborîtoare de tensiune $S_1$, $S_2$, $S_3$ de 35/6 kV. Aceste stații alimen-

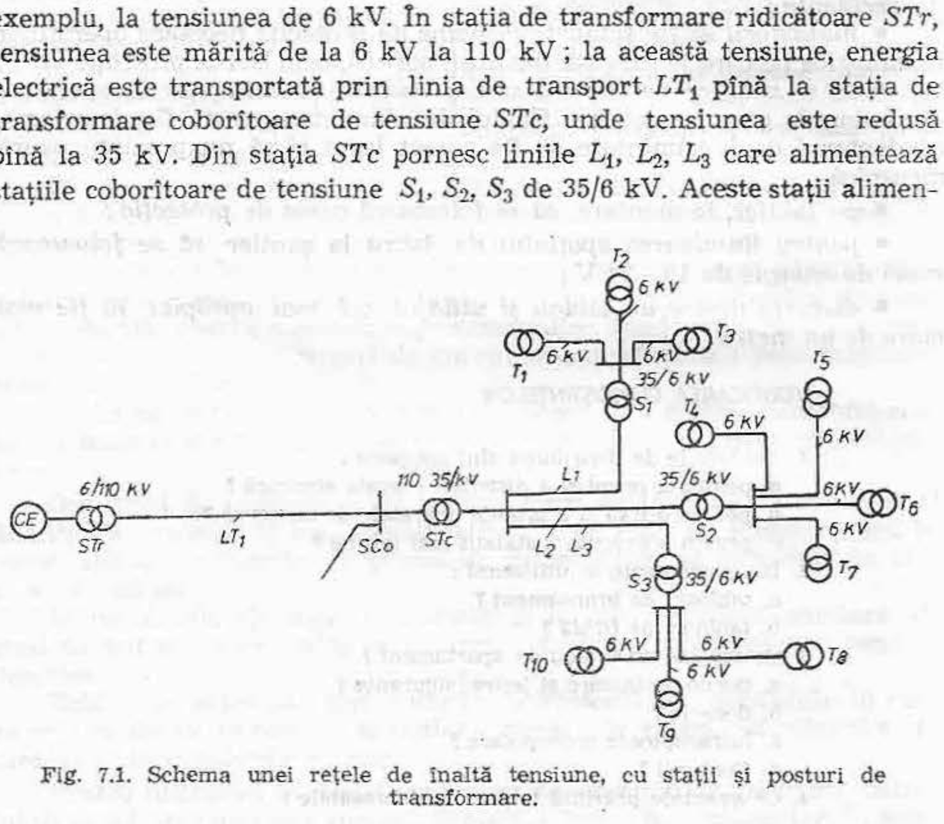



Fig. 7.1. Schema unei rețele de înaltă tensiune, cu stații și posturi de transformare.

tează prin linii de 6 kV o serie de posturi de transformare $T_1$, $T_2$, $T_3$..., care coboară tensiunea pînă la 380/220 V, pentru alimentarea rețelelor de joasă tensiune.

Dacă centrala electrică este așezată într-o zonă cuprinzînd consumatori însemnați, de exemplu, în apropierea unui complex industrial, sau într-un oraș, atunci aceștia pot fi alimentați direct din centrală prin liniile $L$ care transportă energia electrică la posturi sau stații de transformare $T$ așezate în incinta consumatorilor industriali sau în anumite puncte de mare consum ale orașelor (fig. 7.2). În aceste posturi sau stații tensiunea este coborîtă de obicei la tensiune 380/220 V, pentru alimentarea receptoarelor de forță din industrie, a cartierelor de locuințe sau a altor consumatori, prin rețele trifazate cu conductor neutru.

● Deci, în cadrul sistemelor energetice de producere, transport și distribuție a energiei electrice, de importanță deosebită sînt **stațiile** și **posturile de transformare.**

**Stațiile electrice** sînt părți ale sistemelor energetice, care realizează legătura între centrale, rețele și consumatori, cu sau fără transformarea parametrilor.

*Stațiile electrice de transformare* servesc pentru transformarea parametrilor energiei electrice, în special a tensiunii (în cazuri rare a frecvenței), de la o valoare la alta.

*Stațiile electrice de conexiune* servesc pentru distribuirea la consumatori a energiei electrice primite de la centralele electrice sau de la

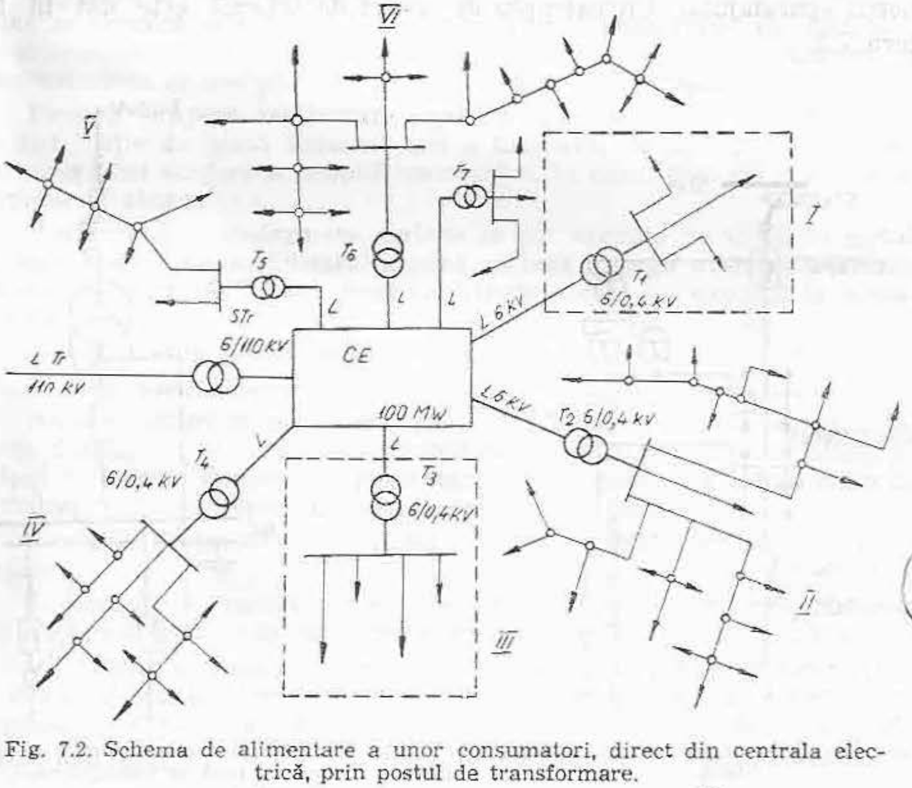



Fig. 7.2. Schema de alimentare a unor consumatori, direct din centrala electrică, prin postul de transformare.

stațiile electrice de transformare. Stațiile de conexiune se folosesc la centralele electrice care distribuie energia electrică la tensiunea generatoarelor, ca legătură între mai multe rețele de medie sau înaltă tensiune din sistemul energetic, precum și pentru alimentarea consumatorilor industriali și a serviciilor interne ale centralelor electrice.

**Posturile de transformare** *au rolul de a transforma energia electrică de la o tensiune înaltă la una joasă, în vederea alimentării nemijlocite a consumatorilor.*

• Stațiile de transformare, de conexiune și posturile de transformare se reprezintă grafic prin **scheme electrice.**

Schemele în care se marchează circuitele care vehiculează curenții de sarcină se numesc **scheme ale circuitelor primare.**

**Schemele circuitelor secundare** cuprind circuitele de măsurare, comandă, protecție, semnalizare și automatizare.

*După modul de reprezentare, schemele circuitelor primare pot fi monofilare și trifilare.* În schemele monofilare, toate cele trei faze ale instalației electrice se reprezintă printr-o linie, iar în schemele trifilare, fiecare circuit trifazat se reprezintă prin trei linii.

*Schema electrică monofilară* este schema de bază a oricărei instalații electrice pe care se indică elementele fundamentale ale instalației (generatoarele, transformatoarele, întreruptoarele, separatoarele, reactanțele etc.) și legăturile dintre ele. În unele cazuri pe aceste scheme se indică și aparatajul de măsurat, protecție, semnalizare și comandă de la distanță. De asemenea se mai indică, în multe cazuri, tipul și parametrii aparatajului. Un exemplu de astfel de schemă este dat în figura 7.3.

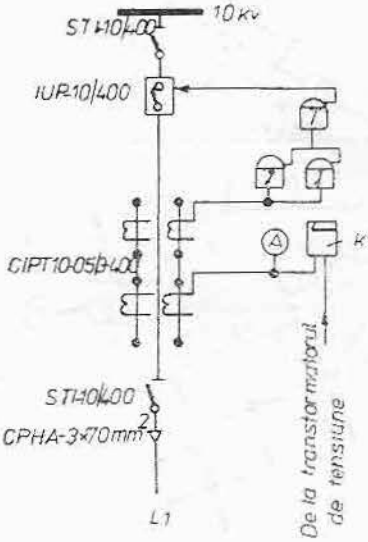



Fig. 7.3. Schema electrică monofilară.

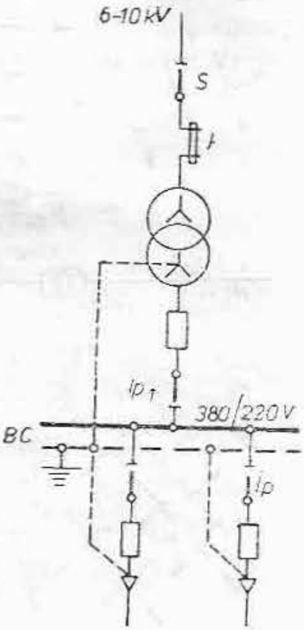



Fig. 7.4. Schema unui post de transformare.

Aşa cum s-a arătat, posturile de transformare transformă energia electrică de la tensiuni medii (6—20 kV) la tensiune joasă, pentru alimentarea nemijlocită a consumatorilor industriali şi casnici la tensiunea aparatelor de consum (fig. 7.4). Tensiunea secundară este de 500; 380/220 V sau 220/127 (208/110) V.

• **Formele constructive adoptate pentru posturile de transformare** *depind de schema electrică a postului şi de locul de funcţionare.* Se deosebesc:

— posturi de transformare în cabine zidite;

— posturi de transformare aeriene pe stîlpi;

— posturi de transformare prefabricate (în cabine metalice).

**Posturile de transformare în cabine zidite** se execută în variantele:

— *supraterane*, din zidărie sau din prefabricate;

— *subterane*, din beton armat.

În ambele variante *un post de transformare conţine o cameră pentru instalaţia de distribuţie de înaltă tensiune, o cameră pentru transformator şi o cameră pentru tabloul de distribuţie de joasă tensiune.* La posturile de transformare de construcţie mai veche (tip turn, chioşc metalic etc.), această separaţie nu era întotdeauna respectată.

Încăperea se prevede cu goluri cu jaluzele atît la partea inferioară cît şi la cea superioară, pentru a se crea o ventilaţie naturală. La posturile subterane ventilaţia se execută forţat, iar gurile de ventilaţie se scot în exterior.

Sub transformator se prevede o cuvă, pentru colectarea uleiului în cazul avarierii transformatorului, care se umple cu pietriş.

*Legătura transformatorului cu instalaţia de distribuţie de înaltă tensiune se execută prin cablu. Legătura transformatorului cu instalaţia de distribuţie de joasă tensiune se execută prin cablu sau, uneori, cu bare neizolate,* ce trec printr-un gol lăsat în peretele despărţitor.

Fiecare încăpere are intrare separată, intrarea în camera instalaţiei de distribuţie de joasă tensiune sau a tabloului de distribuţie de joasă tensiune fiind singura accesibilă abonatului, în cazul posturilor de transformare la abonat.

**Posturile de transformare aeriene** se pot executa pe stîlpi de metal, de lemn sau de beton. În ţara noastră au luat o largă utilizare posturile aeriene pe stîlpi de beton armat centrifugat, care se execută în următoarele variante:

— *pe un stîlp*, pentru puteri pînă la 100 kVA;

— *pe doi stîlpi*, pentru puteri de la 100 la 250 kVA.

Aceste posturi se echipează, pe partea de înaltă tensiune, cu siguranţe fuzibile şi descărcătoare tubulare. Separatorul se montează pe stîlpul terminal. Tabloul de joasă tensiune se montează într-o cutie de distribuţie de unde pleacă liniile aeriene de joasă tensiune.

**Posturile de transformare prefabricate** se execută pentru mai multe utilizări:

— posturi de transformare prefabricate pentru puteri pînă la 400 kVA, cu legături în cablu, utilizabile în mediul urban şi industrial;

— posturi de transformare semiindustriale cu transformatoare pînă la 400 kVA, cu legături aeriene, utilizabile pe şantier, în anumite întreprinderi industriale (de exemplu la fabrici de cărămizi), în centrele rurale mai mari etc.;

— posturi prefabricate, tip șantier, cu transformatoare pînă la 1 000 kVA, care constau din două cabine, una pentru înaltă tensiune, alta pentru joasă tensiune, iar transformatorul montat în exterior, între aceste cabine, și izolat cu panouri de sîrmă împletită ;

— posturi semimobile, cu puteri pînă la 160 kVA, pentru șantiere mici, tractabile pe sanie.

## B. ECHIPAMENTE FOLOSITE ÎN CONSTRUCȚIA POSTURILOR DE TRANSFORMARE

Echipamentele principale utilizate la construcția posturilor de transformare sînt :

— aparatele din circuitele primare ;

— transformatoarele ;

— aparatele din circuitele secundare ;

— prefabricatele și subansamblurile.

• **Aparatele montate în circuitele primare** se împart în următoarele categorii.

**Întreruptoarele** sînt capabile să întrerupă sau să închidă circuite electrice de curenți mari în condiții normale sau în regim de scurtcircuit.

Ele sînt folosite pentru efectuarea de manevre sub sarcină pentru deconectarea în timp foarte scurt, a unor porțiuni defecte din rețele, asigurînd posibilitatea funcționării normale a restului rețelei.

**Separatoarele de sarcină** sînt capabile să întrerupă sau să închidă curenți electrici la sarcina normală, permițînd efectuarea de manevre în rețele, acolo unde întreruptoarele nu sînt justificate din punct de vedere economic.

**Separatoarele** sînt capabile să întrerupă sau să închidă un circuit electric numai în lipsa curentului, sau în cazul unor curenți mici, dar care realizează o separare vizibilă și sigură.

**Siguranțele fuzibile** sînt cele mai simple aparate electrice care protejează circuitele împotriva curenților de suprasarcină. Siguranțele de înaltă tensiune se manevrează numai fără sarcină și fără tensiune.

• **Transformatoare.** În posturile electrice de transformatoare se folosesc *transformatoare de putere și transformatoare de măsurat.*

**Transformatoarele de putere** servesc la transformarea parametrilor principali ai energiei electrice, pentru a face posibil transportul și distribuția acesteia în condiții tehnice și economice optime.

**Transformatoarele de măsurat** reduc tensiunile prea înalte sau curenții prea mari, la valori mai mici, corespunzătoare celor ale aparatelor de măsurat, de comandă și de protecție.

• **Aparatele montate în circuite secundare** servesc la diverse măsurări, semnalizări, telecomandă, protecție prin relee și automatizare.

Fiind destinate în general pentru a lucra la tensiuni joase și curenți mici, aceste aparate au dimensiuni reduse față de aparatele montate în circuitele primare. De asemenea, aparatele trebuie să prezinte o mare siguranță în funcționare și să reziste la șocurile de curent pri-

mite din rețeaua de înaltă tensiune prin intermediul transformatoarelor de măsură la care sînt conectate. Pentru acest motiv, ele au o construcție mai robustă decît aparatele din instalațiile obișnuite de joasă tensiune, fiind încercate la tensiune alternativă de 2 000 V.

În circuitele secundare se folosesc :

— *aparate de măsurat :* ampermetre, voltmetre, wattmetre și warmetre și contoare electrice ;

— *aparate de comandă :* butoane, comutatoare cu came etc. ;

— *aparate de semnalizare ;*

— *aparate de protecție ;*

— *aparate de comandă și protecție.*

• Pentru reducerea duratei de execuție a montajului posturilor de transformare, ridicarea productivității muncii și obținerea unor lucrări de calitate superioară, tendința tehnicii actuale este aceea de a executa în ateliere, industrializat, cea mai mare parte din elementele componente ale instalațiilor energetice, sub formă de **prefabricate.** Prin aceasta, execuția posturilor de transformare pe șantier se reduce în cea mai mare parte la operații de asamblare și montaj.

**Principalele elemente prefabricate** *folosite sînt :*

— cadre și suporturi de beton centrifugat, pentru stații exterioare ;

— panouri de comandă, protecție și semnalizare ;

— celule.

*Pentru executarea posturilor de transformare se folosesc* **trei feluri de elemente prefabricate** :

— posturi de transformare de tip aerian ;

— posturi de transformare în construcție metalică ;

— celule pentru posturi de transformare în cabine de zid.

*Posturile de transformare de tip aerian,* pe stîlpi de beton centrifugat sau vibrat, sînt folosite în mod special pentru alimentări rurale și se execută pe un singur stîlp, pentru transformatoare cu puteri între 20 și 100 kVA (fig. 7.5), și pe doi stîlpi, pentru 100 și 250 kVA (fig. 7.6).

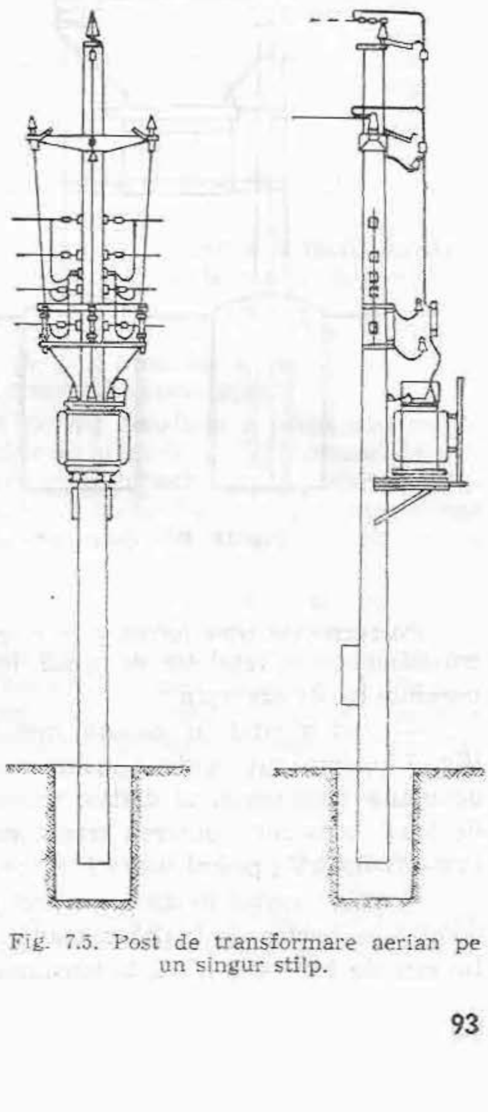


Fig. 7.5. Post de transformare aerian pe un singur stîlp.

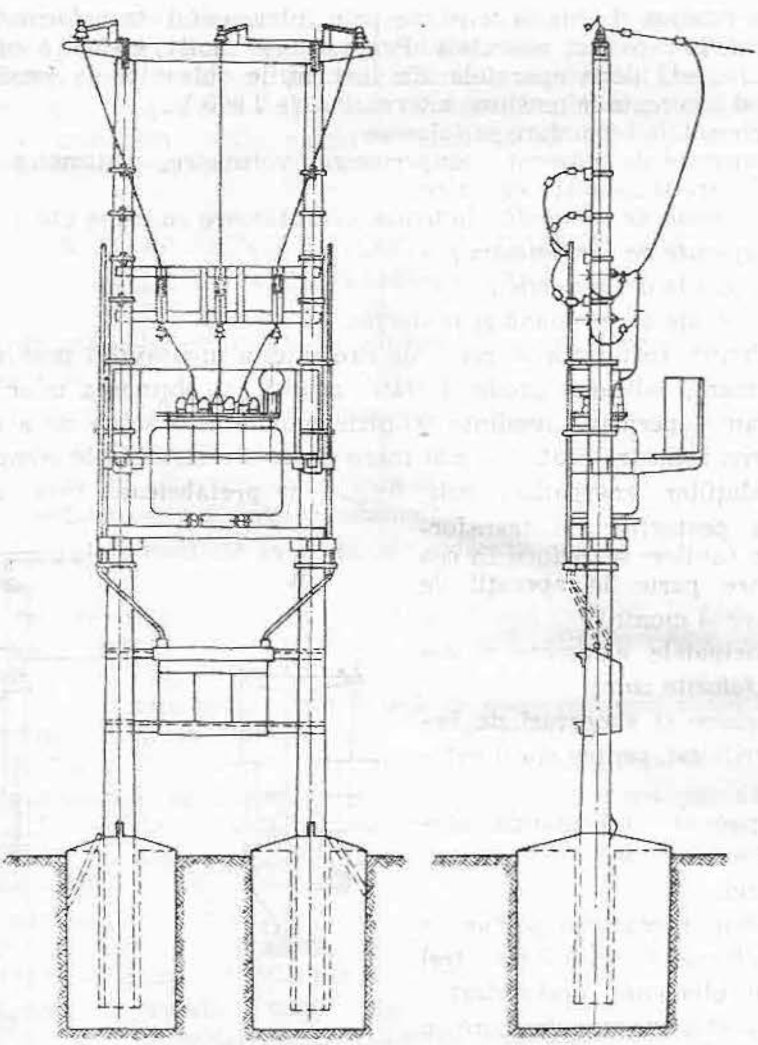


Fig. 7.6. Post de transformare aerian pe doi stîlpi.

*Posturile de transformare în construcții metalice* se construiesc pentru alimentarea rețelelor de joasă tensiune și *se execută în mai multe variante ca, de exemplu :*

— post montat în cabină metalică din tablă de oțel ambutisată (fig. 7.7), împărțit în două compartimente, primul conținînd aparatajul de înaltă tensiune și al doilea, transformatorul și tabloul de distribuție de joasă tensiune ; puterea transformatorului este de la 160—315 kVA la 6—10/0,4 kV ; postul poate fi racordat numai prin cablu ;

— post montat în două sau trei cabine metalice, după cum este alimentat pe partea de înaltă tensiune din rețea ; puterea transformatorului este de 160—400 kVA, la tensiunile de 6 ; 10 ; 15 ; 20/0,4 kV ;

— post pentru alimentarea cu energie electrică a marilor șantiere, cu racordare aeriană sau în cablu, pe înaltă și joasă tensiune; puterea transformatorului este de 400—1 000 kVA, la tensiunile de 6 ; 10 ; 20/0,4 kV ;

— post mobil pe sanie, pentru alimentarea șantierelor mici, sau a consumatorilor cu caracter temporar; puterea transformatorului este de 100—160 kVA.

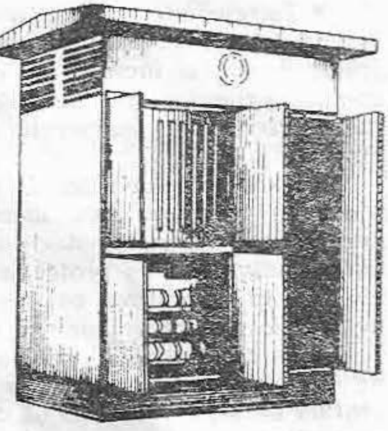


Fig. 7.7. Post de transformare montat în cabină metalică.

*Celulele pentru posturi de transformare* de 6 (10) kV se folosesc în posturile subterane sau supraterane, racordarea la rețea făcîndu-se aerian sau în cablu. Sînt executate din profile de tablă de oțel ambutisată, alcătuind un schelet pe care se montează aparatele de înaltă tensiune, pereți laterali și plase de protecție în fața celulelor.

Prin folosirea diferitelor tipuri de astfel de celule se pot obține diverse scheme de posturi de transformare cu puteri între 1×160 și 2×400 kVA.

## C. MĂSURI SPECIFICE DE PROTECȚIE A MUNCII

Din punctul de vedere al măsurilor de protecție a muncii, lucrările care se execută în instalațiile electrice de înaltă tensiune în funcțiune se împart în trei categorii :

— lucrări cu scoaterea totală de sub tensiune a instalației ;
— lucrări cu scoaterea parțială de sub tensiune a instalației ;
— lucrări fără scoaterea de sub tensiune a instalației.

Prin *lucrare cu scoaterea totală de sub tensiune a instalației* se înțelege lucrarea executată într-o încăpere în care au fost scoase de sub tensiune toate părțile instalației care se aflau sub înaltă tensiune (inclusiv intrările cablurilor și ale liniilor), încăperea neavînd nici o ușă neîncuiată spre o altă încăpere în care s-ar afla instalații sub înaltă tensiune.

Circuitele de joasă tensiune pot rămîne în funcțiune în timpul lucrului, cu condiția ca alimentarea lor să fie făcută din încăperile vecine.

Prin *lucrarea cu scoaterea parțială de sub tensiune a instalației* se înțelege lucrarea executată într-o încăpere în care este scoasă de sub tensiune numai o anumită parte a instalației de înaltă tensiune și anume partea la care se execută lucrarea, sau în care este scoasă de sub tensiune întreaga instalație, însă încăperea respectivă comunică printr-o ușă neîncuiată cu altă încăpere în care se află instalații sub înaltă tensiune.

Trebuie avut în vedere, totuși, că într-o anumită fază de montare, odată cu introducerea tensiunii în tablourile de joasă tensiune, postul se află sub tensiunea respectivă, iar prin transformatoarele de măsurat și putere se poate afla și sub tensiune înaltă, necesitînd luarea de măsuri corespunzătoare.

• *Intreprinderea de construcții-montaj, care execută lucrări noi în incinta unor întreprinderi industriale, trebuie să aibă un perimetru îngrădit de restul incintei în care se vor desfășura lucrările.* În cadrul acestui perimetru trebuie asigurate condiții normale de lucru, din punctul de vedere al : temperaturii, umidității, toxicității sau pericolului de explozie și PSI.

Organizarea locurilor de muncă trebuie să asigure deplina securitate a muncii în executarea lucrărilor de construcții-montaj. *Locurile de muncă unde se pot produce accidente trebuie să fie prevăzute cu dispozitive indivduale de protecție și cu dispozitive de securitate necesare,* inclusiv împrejmuirea cu îngrădiri rezistente de protecție, pentru a se evita accesul persoanelor străine și accidentarea acestora.

• *În cazul lucrărilor care se execută la înălțimi* de peste 9,5 m și nu sînt asigurate îngrădiri sau balustrade, *muncitorii se vor asigura cu centuri de siguranță.* Locul de fixare a capătului lanțului sau frînghiei centurii de siguranță trebuie să fie rezistent și indicat din timp muncitorilor, prin instructajul care se face la locul de muncă. Centurile de siguranță care se distribuie muncitorilor trebuie să fie *verificate în prealabil, din punct de vedere al rezistenței și calității lor, și să aibă certificate sau etichete.* În cazul în care nu există astfel de certificate sau etichete din care să rezulte calitatea corespunzătoare, centurile vor fi încercate înainte de întrebuințare, în conformitate cu instrucțiunile în vigoare.

• *Pentru executarea lucrărilor de montaj,* trebuie folosite numai utilaje, scule, mecanisme și obiecte de inventar în bună stare de funcționare și corespunzătoare caracterului lucrării ce se execută. *Nu sînt admise improvizații.*

• Pentru transportul și păstrarea sculelor, sau a altor piese mărunte, muncitorii care execută lucrări la înălțime trebuie să fie înzestrați cu lădițe sau genți individuale.

• Executarea concomitentă a lucrărilor la două sau mai multe niveluri diferite este permisă numai cu luarea măsurilor speciale de protecție a muncii.

• *Muncitorii sînt obligați a purta,* pe toată durata lucrului, *cască de protecție.* Căștile de protecție trebuie *verificate înainte de a fi date în folosință, din punctul de vedere al calității și rezistenței lor* (dacă nu au certificate de calitate sau etichete, de unde să rezulte calitatea corespunzătoare).

• În cazul în care pe un șantier, lucrările de montaj se execută de mai multe unități, antreprenorul general este obligat să elaboreze, împreună cu organizațiile, (unitățile) de sub antrepriză (subantreprenori), măsurile generale de tehnică a securității. La toate locurile de muncă, pe căile de acces, pe drumurile pentru autovehicule, cum și în locurile periculoase, *trebuie să se afișeze panouri,* (placarde, tăblițe indicatoare) *de tehnică a securității și tăblițe avertizoare.*

## VERIFICAREA CUNOȘTINȚELOR

1. Stațiile de transformare sînt necesare :
   a. pentru ridicarea și reducerea tensiunii la centrale sau consumatori ?
   b. pentru mărirea puterii produse de centrală ?

c. pentru ca valoarea tensiunii la consumatori să fie aceeași indiferent de cea produsă în centrală ?

2. Stațiile electrice de conexiune sînt necesare :
   a. la distribuirea energiei la consumatori ?
   b. la legătura între mai multe rețele ?
3. Formele constructive ale posturilor de transformare depind de :
   a. locul de funcționare ?
   b. schema electrică ?
   c. ambele ?
4. Ce aparate se montează în circuitele primare ?
   a. Întreruptoare și separatoare ?
   b. Transformatoare de măsură ?
   c. Aparate de comandă, protecție și semnalizare ?
5. La executarea lucrărilor de montarea posturilor de transformare muncitorul electrician are voie :
   a. să lucreze fără centură de siguranță la înălțime ?
   b. să folosească utilaje și scule improvizate ?
   c. să nu poarte cască de protecție ?

CAPITOLUL 8

# DISPOZITIVE ŞI CIRCUITE ELECTRONICE

## A. GENERALITĂŢI

### 1. SCURT ISTORIC

**Electronica** este o ramură a electrotehnicii care studiază fenomenele legate de mişcarea în diferite medii a particulelor încărcate electric, interacţiunea dintre aceste particule, precum şi modurile de obţinere a acestor particule.

Electronica s-a constituit ca domeniu independent la începutul secolului XX, după realizarea primelor tuburi electronice cu vid, folosite ca amplificatoare şi oscilatoare (trioda — 1906, tetroda — 1919, pentoda — 1928 etc.). Începînd din deceniul al treilea, s-au realizat şi tuburile cu gaz, care au permis să se dezvolte rapid aplicaţiile electronicii în energetică (invertoare, convertoare etc.).

O etapă nouă în dezvoltarea electronicii o reprezintă folosirea dispozitivelor semiconductoare, după obţinerea primului tranzistor în 1948. În prezent, se cunoaşte o gamă foarte variată de dispozitive semiconductoare, care au reuşit să înlocuiască tuburile electronice cu vid şi cu gaz în multe domenii de utilizare. Prezentînd performanţe comparabile cu ale tuburilor electronice, dispozitvele semiconductoare au gabarit mic, greutate redusă, durată de funcţionare considerabil mărită (datorită lipsei filamentului incandescent) şi consum de energie mult mai mic. Ele permit miniaturizarea aparaturii electronice, în special prin introducerea tehnicii circuitelor integrate.

Dezvoltarea tehnologiilor microelectronice (tehnica circuitelor integrate monolitice, tehnica straturilor subţiri şi groase) a condus la concentrarea într-un volum redus a unui număr foarte mare de componente electronice discrete (cîteva sute de componente interconectate ocupă cîţiva $mm^2$). La avantajul dimensiunilor reduse ale circuitelor integrate se mai adaugă un consum redus de energie electrică, un cost scăzut şi o foarte bună fiabilitate.

Dezvoltarea electronicii prezintă astăzi o importanţă deosebită pentru realizarea progresului tehnic, în special în direcţia automatizării producţiei şi ciberneticii tehnice, precum şi în radiocomunicaţii, radiolocaţie, televiziune etc.

Aplicaţiile vaste ale electronicii se datoresc gamei foarte largi de variaţie a mărimilor electrice cu care se poate opera : de la curenţi extrem de mici, de circa $10^{-15}$ A (la aparatele de măsurat electronice), la

curenți de circa $10^4$ A (necesari tracțiunii electrice în curent continuu), acești curenți putînd fi de curent continuu, de joasă frecvență (cîțiva Hz), audiofrecvență (kHz), radiofrecvență (MHz) și ultraînaltă frecvență (GHz).

În condițiile actuale de dezvoltare a României socialiste, dezvoltare caracterizată printr-un ritm înalt de industrializare, o importanță deosebită o are industria electronică. Aceasta trebuie să răspundă cerințelor automatizării proceselor de producție, realizării de echipamente competitive și cu fiabilitate ridicată, reducerii consumului de energie electrică, trebuind să asigure economicitatea soluțiilor tehnologice. În acest scop, au fost create întreprinderi specializate în fabricarea de componente pasive (cum este IPEE Electro-Argeș — Curtea de Argeș) și active (IPRS — Băneasa din București), cît și puternice platforme industriale ce realizează echipamente electronice complexe (București, Iași, Timișoara etc.).

## 2. STRUCTURA SISTEMELOR ELECTRONICE

Indiferent de complexitatea unui sistem electronic și de aplicația sa concretă, în care efectuează o anumită funcție, în structura sa se pot distinge *componente, circuite* și *aparate electronice.*

• **Componentele electronice** sînt piesele elementare, cu funcții simple. *Rezistoarele, condensatoarele* și *bobinele* sînt **componente pasive** cu două borne. Rezistoarele limitează curenții în circuitele alimentate de surse independente; se spune că rezistoarele sînt *componente disipative,* deoarece ele absorb energia electrică, transformînd-o în căldură și disipînd-o integral. Bobinele și condensatoarele pot înmagazina energia în cîmpul lor magnetic, respectiv electric; ele nu pot restitui unui circuit o cantitate de energie mai mare decît cea furnizată lor. Circuitele formate numai din componente pasive nu sînt capabile de amplificare; ele sînt *circuite electrice.*

*Tranzistoarele, tuburile electronice cu vid, circuitele integrate sînt* **componente electronice active (dispozitive electronice),** deoarece pot face ca circuitul care le conține să fie capabil de amplificare în putere; cu alte cuvinte, componentele active pot comanda fluxul de energie într-un circuit. Componentele active au trei sau mai multe borne (terminale), grupate de regulă cîte două (în porți), unele fiind borne de intrare, iar altele borne de ieșire; funcționarea este posibilă numai în urma alimentării dispozitivelor cu energie electrică obținută de la o sursă locală de energie.

• **Circuitele electronice** sînt *ansambluri de componente pasive și active, interconectate între ele după anumite reguli* (conform schemelor electronice de principiu) și *care îndeplinesc anumite funcții bine stabilite:* amplificare, stabilizare, oscilare, protecție, reglare, prelucrare de impulsuri, măsurare, calcul, afișare etc.

• **Aparatele (instalațiile) electronice** sînt *structuri complexe cuprinzînd diverse circuite electronice cu funcțiuni diferite și care în ansamblu servesc unui anumit scop.* Diversitatea acestor tipuri de aparate și echipamente este foarte mare (de măsurat, de radioemisie și radiorecepție, de televiziune, de telecomunicații, de telecomandă, de automatizare, de tehnică de calcul, de tehnică medicală etc.).

## B. COMPONENTE ELECTRONICE ACTIVE (DISPOZITIVE ELECTRONICE). CIRCUITE ELECTRONICE ȘI TEHNOLOGIA LOR DE CABLARE

După caracterul fizic al proceselor ce au loc în interiorul lor, dispozitivele electronice se împart în două categorii :

— **tuburi electronice cu vid** și **cu gaz**, în care conducția curentului este condiționată de mișcarea electronilor în vid înaintat sau în gaze rarefiate ;

— **dispozitive semiconductoare**, în care conducția curentului este condiționată de mișcarea electronilor în medii semiconductoare.

### 1. TUBURI ELECTRONICE

#### a. Construcție

Tubul electronic este un dispozitiv electronic avînd forma unui tub (balon) închis, în care s-a făcut vid sau s-a introdus un gaz la presiune coborîtă ; el conține în interior doi sau mai mulți electrozi, între care poate trece un curent electric format din electroni (sau ioni), care se deplasează în cîmpuri electrice și eventual magnetice. Orice tub electronic este prevăzut cu contacte exterioare ce ies direct din tub, sau prin intermediul unui culot ; ele sînt numerotate într-o anumită ordine, astfel că, prin intermediul unui soclu, electrozii pot fi conectați în circuitele electronice.

În figura 8.1 este reprezentată structura simplificată a unui tub electronic. Electrodul din stînga, numit *catod*, este de regulă încălzit de un filament (pentru simplificarea schemelor, în general se renunță la desenarea lui) ; în urma încălzirii, catodul produce electroni liberi, ce formează o sarcină spațială în jurul lui. Electrodul din dreapta, avînd cea mai mare suprafață, numit *anod*, colectează cea mai mare parte a electronilor emiși de catod (cu condiția ca potențialul lui să fie pozitiv față de cel al catodului). Între catod și anod se află alți electrozi, de formă spiralată, cu potențiale pozitive sau negative față de catod ; acești electrozi intermediari au denumirea de *grile* și comandă fluxul de electroni dintre catod și anod, avînd un rol de comandă asupra curentului ce se stabilește în circuitul exterior al anodului sau al catodului.

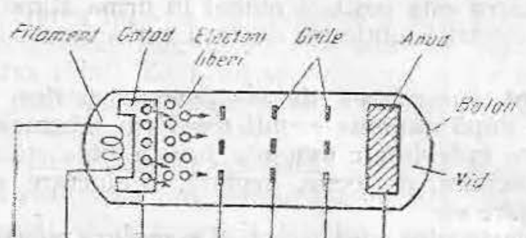



Fig. 8.1. Structura simplificată a unui tub electronic.

În figura 8.2 sînt redate simbolurile unor tuburi electronice mai des întîlnite, iar în figura 8.3, cîteva tipuri de soclu, la care s-a făcut și numerotarea terminalelor, văzută dinspre soclu (pe care sînt lipite fie conductoare, fie alte componente). Se menționează că, pentru ca tubul să se introducă în soclu numai în poziția corectă (la care există corespondență între electrozi și circuitul exterior), se prevede o cheie (un

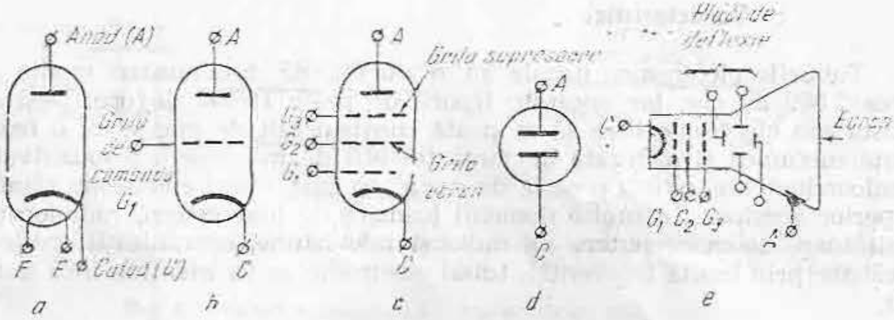


Fig. 8.2. Simbolurile unor tuburi electronice :
a — diodă ; b — triodă ; c — pentodă ; d — tub cu gaz ; e — tub catodic.

element asimetric) de la care începe numărarea în sensul acelor de ceasornic.

Fiecare tub electronic poartă un indicativ constituit din litere și cifre, dat de fabricant, cu ajutorul căruia se obțin, din cataloage, datele necesare referitoare la condițiile de funcționare, utilizare și construcție ale tubului.

## b. Clasificare

• **După destinație,** tuburile electronice sînt *de recepție* (tuburi redresoare, amplificatoare, oscilatoare, detectoare, schimbătoare de frecvență etc.), *de emisie* (tuburi amplificatoare, oscilatoare, modulatoare), *de televiziune* (tuburi analizoare de imagine, tuburi cinescop), *indicatoare* (tuburi catodice, indicatoare de tensiune, de afișaj numeric), *stabilizatoare* etc.

• **După numărul electrozilor,** tuburile sînt : *diode* (ce au numai anod și catod), *triode* (ce au în plus o grilă, numită *de comandă), tetrode* (ce au și o a doua grilă, numită *ecran), pentode* (la care a treia grilă introdusă este numită *supresoare), hexode* (ce au 4 grile), *heptode* (cu 5 grile), *octode* și *nonode* (avînd 6, respectiv 7 grile).

Unele tuburi electronice conțin într-un singur balon două sau mai multe sisteme de electrozi, asociate unor fluxuri electronice independente. Acestea sînt *tuburile multiple,* care în funcție de structurile independente sînt : *duble diode, duble triode, triode pentode* etc.

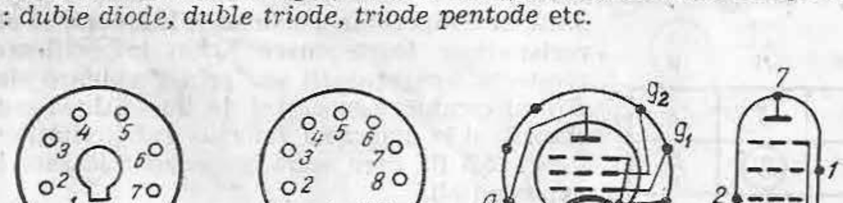



Fig. 8.3. Socluri de tuburi electronice.

### c. Caracteristici

Tuburile electronice uzuale au o durată de funcționare medie de circa 2 000 de ore, iar anumite tipuri, de peste 10 000 de ore. Deși nu există tub electronic care să se poată construi atît de mic și cu o rezistență mecanică și o durată de viață tot atît de mare ca a dispozitivelor semiconductoare, există o serie de cazuri în care tubul electronic rămîne superior acestora. În multe domenii (camere de luat vederi, radiolocație, emițătoare de mare putere de radio și televiziune, comunicații spațiale, încălzire prin înaltă frecvență), tubul electronic se va menține încă mulți ani.

## 2. DISPOZITIVE SEMICONDUCTOARE

### a. Cristale semiconductoare

Tehnologia dispozitivelor semiconductoare este bazată pe utilizarea pe scară largă a două elemente : siliciul și germaniul. Ele se află în grupa *IV* a tabelului periodic al elementelor chimice (fig. 8.4), avînd cîte patru electroni de valență. În construcția dispozitivelor electronice se utilizează și elemente din grupele *III* și V, fie sub formă de impurități controlate în masa de Si sau Ge, fie sub formă de compuși intermetalici, ca de exemplu GaAs sau InSb.

În **metale** conducția este asigurată de electronii de valență : aceștia, fiind foarte slab „legați" de atomi, datorită agitației termice devin liberi și se distribuie în tot metalul sub forma unui „gaz electronic", în care nu se mai poate preciza cărui atom îi aparține fiecare electron. Concentrația mare a acestor purtători mobili (circa $10^{28}$ electroni/m$^3$) aflați în repaus în mișcare haotică, iar sub acțiunea unui cîmp electric, aplicat din afară, aflați într-o deplasare dirijată (apariția curentului electric) determină rezistivitatea foarte redusă a metalelor (sub $10^{-5}\Omega \cdot$m).

**Materialele izolante** au o rezistivitate foarte mare (aproximativ $10^{16}\ \Omega \cdot$m), deoarece concentrația de purtători mobili este extrem de mică (de aproximativ $10^7$ electroni/m$^3$). Aceasta se explică prin faptul că practic toți electronii sînt puternic legați de atomi.

**Semiconductoarele** constituie, din punctul de vedere al conductivității, o categorie intermediară între conductoare și izolatoare. În stare pură, la temperaturi coborîte și la întuneric ele au rezistivitate foarte mare ; prin impurificare, la creșterea temperaturii sau prin iluminare ele pot deveni conductoare destul de bune, după cum se observă și în diagrama valorilor rezistivităților din figura 8.5 (la care scara pe orizontală este luată exponențial).

| *III* | *IV* | *V* |
|---|---|---|
| *B* | *C* | *N* |
| *Al* | *Si* (încercuit) | *P* |
| *Ga* | *Ge* (încercuit) | *As* |
| *In* | *Sn* | *Sb* |

Fig. 8.4. Fragment din sistemul periodic al elementelor.

Această variație de rezistivitate se poate ex plica dacă se analizează structura cristalină a semiconductoarelor și legăturile dintre atomii rețelei. Ca și la carbonul pur (diamant), fiecare atom avînd patru electroni de valență va fi legat cu patru atomi vecini uniform distribuiți, în spațiu, adică si-

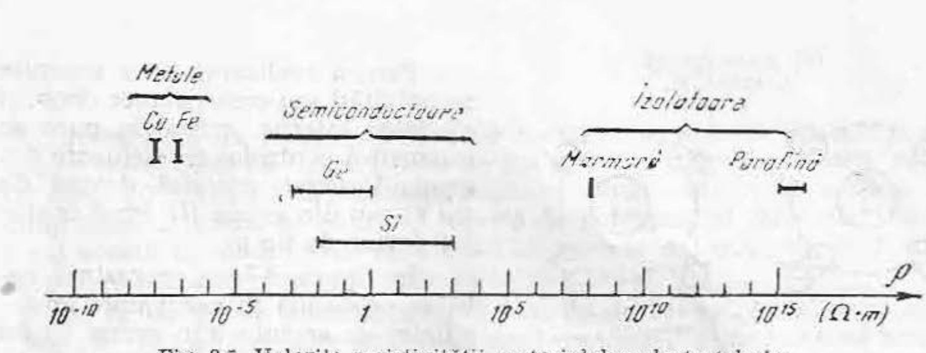



Fig. 8.5. Valorile rezistivității materialelor electrotehnice.

tuați în colțurile unui tetraedru avînd în centru atomul considerat ; această legătură dintre atomi este de natură covalentă, iar punerea în comun a cîte doi electroni de către doi atomi vecini dă naștere unor forțe de coeziune de natură cuantică (fără echivalent în mecanica clasică). În figura 8.6 s-a reprezentat simbolic, în plan, structura unui cristal pur de germaniu (la care 1 $m^3$ are circa $10^{28}$ atomi).

Cercul avînd înscris +4 simbolizează miezul ionic „inert“ pozitiv compus din nucleu și electronii de pe orbitele interioare ; se observă că în această situație toți electronii sînt prinși în legături covalente, iar cristalul se comportă ca un izolant.

La creșterea temperaturii, de exemplu la 300 K, unii dintre electronii de valență pot primi o energie destul de mare care, dacă depășește 0,67 eV la Ge și 1,11 eV la Si, duce la ruperea legăturii covalente ; deși numărul acestor electroni este foarte redus (1 electron la $10^9$ atomi de Ge și 1 electron la $10^{12}$ atomi de Si), ei se pot deplasa prin cristal și pot deci participa la conducția curentului electric.

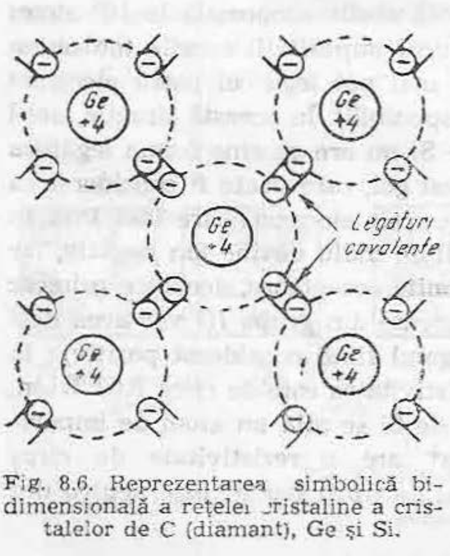



Fig. 8.6. Reprezentarea simbolică bidimensională a rețelei cristaline a cristalelor de C (diamant), Ge și Si.

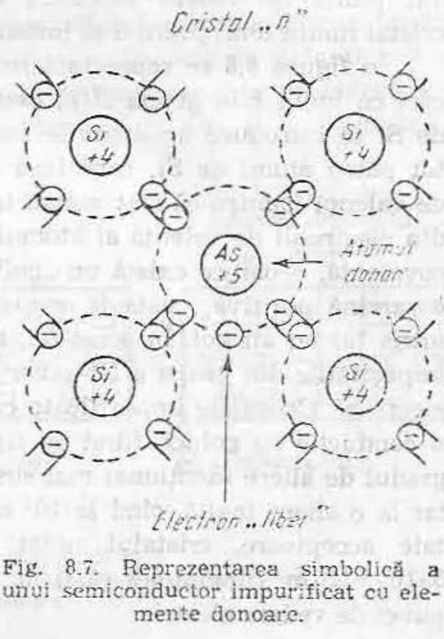



Fig. 8.7. Reprezentarea simbolică a unui semiconductor impurificat cu elemente donoare.

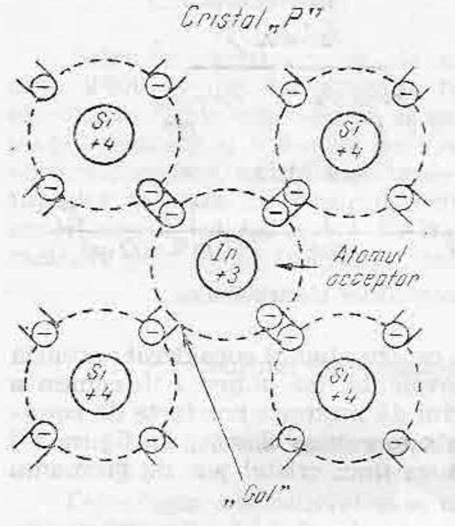



Fig. 8.8. Reprezentarea simbolică a unui semiconductor impurificat cu elemente acceptoare.

Pentru realizarea unor anumite rezistivități sau crearea unor cîmpuri electrice interne, cristalele pure se impurifică controlat cu elemente din grupa *V* (cînd cristalul devine de tip *n*) sau din grupa *III* (cînd cristalul devine de tip *p*).

În figura 8.7 se reprezintă rețeaua cristalină în cazul unei impurificări cu arseniu (din grupa *V*) (la o aliere normală, la $10^7$ atomi de Si se introduce un atom de As) ; în jurul impurității se află totdeauna patru atomi de Si, care asigură „legarea" a numai patru electroni de valență, și rămîne deci un electron „liber". Acești electroni liberi devin *electroni de conducție*, rezistivitatea specifică scăzînd la temperatura camerei la circa 0,05 Ω · m. Deoarece impuritatea a cedat un electron, elementele din grupa *V* sînt numite *donoare*, iar cristalul impurificat este de tip *n* (are conducție asigurată de electroni, care sînt sarcini negative). În cazul în care alierea este înaltă, cristalul este marcat $n^+$, deoarece la $10^4$ atomi de Si se află un atom de impuritate donoare ; aceasta are ca efect micșorarea rezistivității la circa $3 \cdot 10^{-4}$ Ωm.

Se precizează că, în ansamblu, un cristal de tip *n* sau $n^+$ este neutru din punct de vedere electric ; cînd electronul părăsește cristalul, în cristal rămîn ionii pozitivi ai impurității.

În figura 8.8 se reprezintă rețeaua cristalină în cazul unei impurificări cu indiu (din grupa *III*) ; deoarece la o aliere normală la $10^6$ atomi de Si se introduce un atom de In, în jurul impurității se află totdeauna tot patru atomi de Si, care însă nu-și mai pot lega cei patru electroni de valență (pentru că sînt numai trei disponibili). În această situație, unul din electronii de valență ai atomului de Si nu are cu cine forma legătura covalentă, deoarece există un „gol". Acest gol, care poate fi considerat ca o sarcină pozitivă, poate fi ocupat de un alt electron, care lasă însă în urma lui un alt gol. În acest fel, atomul de indiu devine ion negativ, iar impuritățile din grupa a III-a vor fi numite *acceptoare*, deoarece primesc electroni. Cristalele impurificate cu elemente din grupa *III* vor avea deci o conducție cu goluri, fiind de tip *p* (golul fiind considerat pozitiv) ; la gradul de aliere menționat mai sus, rezistivitatea este de circa 0,02 Ω · m, iar la o aliere înaltă, cînd la $10^4$ atomi de Si se află un atom de impuritate acceptoare, cristalul notat cu $p^+$ are o rezistivitate de circa $5 \cdot 10^{-4}$ Ω · m. Bineînțeles că și un cristal de tip *p* sau $p^+$ este neutru din punct de vedere electric.

## b. Joncţiunea *pn*

Joncţiunea *pn* reprezintă zona de contact dintre două cristale semiconductoare, unul de tip *p* şi unul de tip *n*, avînd o grosime foarte mică, de circa $10^{-8} \ldots 10^{-6}$ m; datorită faptului că în zona ei se creează un cîmp electric intern, se obţine o *barieră de potenţial*, al cărui efect principal constă în modificarea rezistenţei de trecere a joncţiunii, în funcţie de polarizarea exterioară a terminalelor cristalelor.

În figura 8.9 se arată schematic etapele de realizare ale unei joncţiuni *pn*, din două cristale alăturate, unul de tip *p* (ce conţine ioni acceptori notaţi $A^-$ şi purtătorii pozitivi sau goluri) şi unul de tip *n* (ce conţine ioni donori $D^+$ şi purtători negativi, adică electroni liberi). După cum se vede din figura 8.9, *a*, ambele cristale sînt neutre din punct de vedere electric, iar în interiorul lor electronii şi golurile au o mişcare dezordonată (asemănătoare mişcării browniene a moleculelor unui gaz ideal).

În momentul lipirii feţelor cristalelor (fig. 8.9, *b*), datorită efectului de difuzie, în primul moment electronii din cristalul *n* tind să treacă în cristalul de tip *p*, iar golurile cristalului tip *p* tind să treacă în cristalul de tip *n*, doza de difuzie avînd o lăţime de circa $10^{-5} \ldots 10^{-3}$ m. Dar, prin plecarea purtătorilor de sarcină din regiunile din imediata apropiere a suprafeţei de contact, sarcinile ionilor (ficşi) de impurităţi nu mai sînt neutralizate.

Rezultă (fig. 8.9, c) că de o parte şi de alta a suprafeţei de separaţie apar două regiuni încărcate, una cu sarcină negativă (în cristalul de tip *p*), şi alta cu sarcină pozitivă (în cristalul de tip *n*). Între cele două sarcini, egale şi de semn contrar, se stabileşte un cîmp electric intern $E_i$ orientat dinspre cristalul de tip *n* către cel de tip *p*. Apariţia sarcinilor şi a cîmpului duce la încetarea difuziei purtătorilor şi la „sărăcirea" zonei joncţiunii de purtători, astfel că rezistivitatea acesteia devine foarte mare. Acest cîmp intern creează totodată şi o barieră de potenţial, numită uneori şi *prag de conducţie*. Pragul de tensiune este de obicei cuprins în domeniul 0,2—0,4 V la joncţiunea cu Ge şi în domeniul 0,5—0,7 V la joncţiunea cu Si.

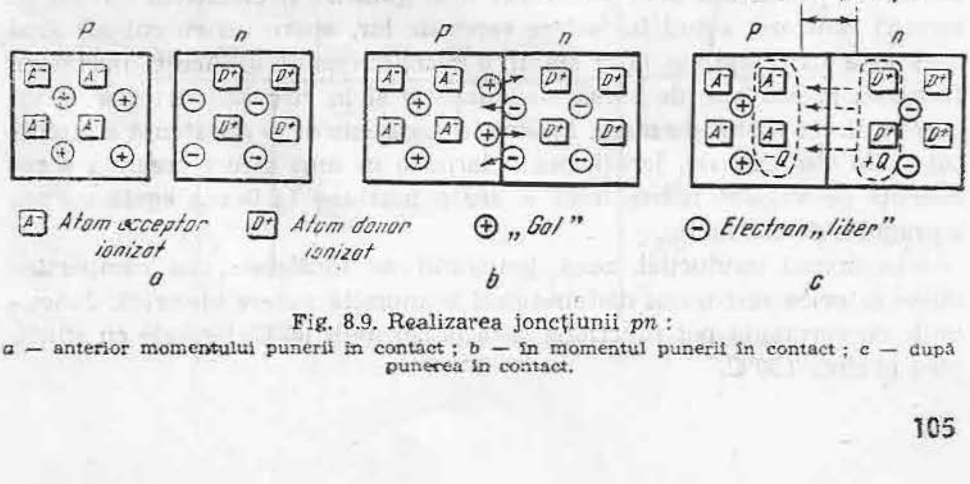



Fig. 8.9. Realizarea joncţiunii *pn*:
*a* — anterior momentului punerii în contact; *b* — în momentul punerii în contact; *c* — după punerea în contact.

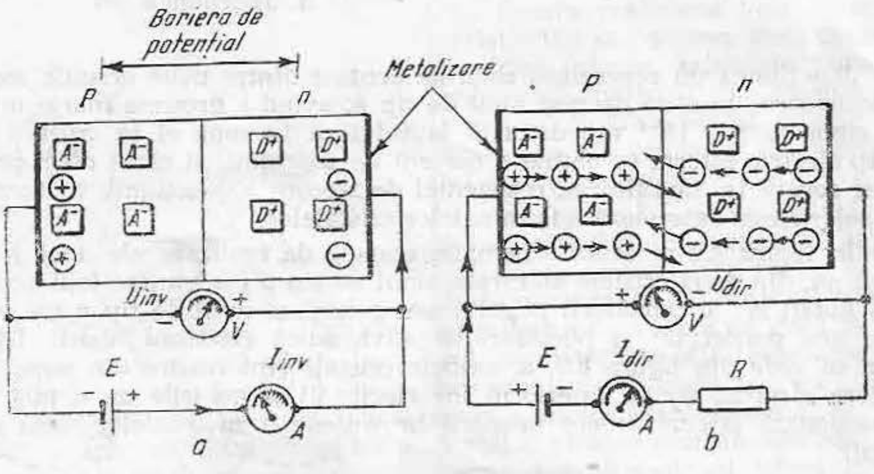



Fig. 8.10. Polarizarea joncțiunilor :
a — în sens invers ; b — în sens direct.

Prin metalizarea suprafeței cristalelor și conectarea unor terminale, unei joncțiuni *pn* i se poate aplica din exterior o diferență de potențial (fig. 8.10).

Cînd plusul sursei exterioare este conectat la cristalul de tip *n*, iar minusul la cristalul de tip *p*, **joncțiunea este polarizată în sens indirect** sau **invers** (fig. 8.10, *a*). În această situație, cîmpul sursei exterioare se însumează cu cîmpul intern, ceea ce are ca efect o mărire a barierei de potențial și deci imposibilitatea trecerii purtătorilor de tip *n* și *p* prin joncțiune. În acest caz, curentul ce se stabilește prin circuit este foarte mic, putînd fi în cele mai multe cazuri neglijabil, iar valoarea rezistenței „inverse" prezentată de joncțiune este foarte mare.

Cînd plusul sursei exterioare este conectat la cristalul de tip *p*, iar minusul la cristalul de tip *n*, **joncțiunea este polarizată în sens direct** (fig. 8.10, *b*). În acest caz, deoarece tensiunea aplicată creează un cîmp electric îndreptat de la cristalul de tip *p* către cel de tip *n* (adică în sens invers celui intern), are loc micșorarea barierei de potențial, astfel că purtătorii pot difuza prin joncțiune. Deși golurile și electronii circulă în sensuri contrare, avînd în vedere sarcinile lor, apare un curent al cărui sens este îndreptat de la cristalul *p* către cristalul *n*. Acești purtători, furnizați la contacte de sursă, dau naștere și în circuitul exterior la un curent direct destul de mare, limitat în acest caz de o rezistență a circuitului. Ca alte cuvinte, joncțiunea polarizată în sens direct prezintă o rezistență de valoare foarte mică și are o tensiune la borne egală cu cea a pragului de conducție.

În timpul conducției, zona joncțiunii se încălzește, ea comportîndu-se ca orice rezistor și disipînd deci o anumită putere electrică. Joncțiunile cu germaniu pot funcționa pînă la cel mult 90°C, iar cele cu siliciu pînă la circa 150°C.

### c. Diode semiconductoare

Diodele semiconductoare conţin o singură joncţiune *pn*, introdusă într-o capsulă etanşă din sticlă, ceramică, material plastic sau metal. Rezistenţa electrică a diodelor este mică în sens direct de polarizare şi mare în cazul polarizării inverse.

În figura 8.11 se reprezintă caracteristicile voltampermetrice ale unei diode cu Ge şi ale uneia cu Si, scările axelor din cadranul *1* (cînd dioda conduce) şi din cadranul *3* (cînd dioda este blocată) fiind diferite.

Cînd dioda funcţionează în cadranul *1*, trebuie ca valoarea curentului ce o străbate să nu depăşească o anumită valoare maximă, care duce la supraîncălzirea ei şi scoaterea din funcţiune prin defectare. Cînd dioda funcţionează în cadranul *3*, trebuie ca tensiunea inversă să nu depăşească o anumită valoare maximă, numită *de străpungere*, cînd apare un curent invers de valoare mare, ce poate distruge dioda. Aceste valori limită sînt specificate în cataloage pentru fiecare tip de diodă de către fabricant şi ele nu trebuie în nici un caz depăşite.

O diodă este scoasă din uz cînd prezintă fie rezistenţă mică în ambele sensuri (este scurtcircuitată), fie rezistenţă de valoare mare în ambele sensuri (cînd este întreruptă).

• **Tipuri de diode semiconductoare.** În funcţie de structura joncţiunii şi de utilizare, diodele semiconductoare sînt întîlnite într-o mare varietate de tipuri, unele din ele avînd simboluri grafice specifice (fig. 8.12); la toate triunghiul reprezintă cristalul de tip *p*, numit *anod*, bara reprezintă cristalul de tip *n*, numit *catod* (prin analogie cu dioda cu vid), iar vîrful triunghiului indică sensul de trecere al curentului direct.

**Diodele redresoare**, avînd simbolul din figura 8.12, *a*, asigură, în cazul legării la o sursă de curent alternativ, trecerea curentului într-un singur sens, deci obţinerea unui curent pulsatoriu unidirecţional care, filtrat corespunzător, devine curent continuu.

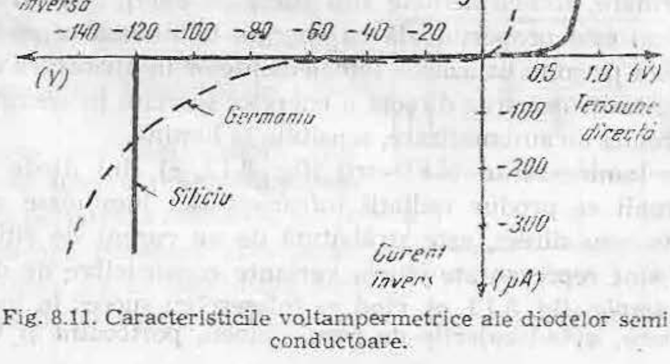



Fig. 8.11. Caracteristicile voltampermetrice ale diodelor semiconductoare.

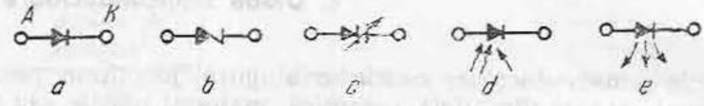


Fig. 8.12. Simbolurile diodelor semiconductoare :
a — diodă redresoare (simbol general) ; b — diodă Zener ; c — diodă varicap ; d — fotodiodă ; e — diodă luminescentă (*LED*).

**Diodele de detecție** sînt diode cu contact punctiform (suprafața joncțiunii are circa $10^{-10}$ m²), avînd o capacitate proprie de circa 1 pF. Ele se reprezintă ca în figura 8.12, *a* și se utilizează în principal la demodularea undelor radio, cu frecvențe mari și foarte mari (f>100 kHz).

**Diodele stabilizatoare,** numite și **diode Zener** (fig. 8.12, *b*), au proprietatea de a nu se distruge în zona de străpungere, cînd mențin tensiunea la borne practic constantă, în timp ce curentul invers prin diodă are variații importante. Pentru limitarea curentului invers la o valoare nepericuloasă, în serie cu dioda se montează totdeauna un rezistor de o anumită valoare.

**Diodele varicap** (fig. 8.12, *c*) au proprietatea de a prezenta o capacitate variabilă între joncțiuni, atunci cînd sînt polarizate invers cu tensiuni de ordinul zecilor de volți. Variația capacității fiind de ordinul zecilor de picofarazi, ele se utilizează în special ca elemente de acord, fără piese în mișcare, ale circuitelor acordate la frecvențe mai mari de 10 MHz.

**Fotodiodele** (fig. 8.12, *d*) au în carcasă o porțiune de cîțiva mm² prin care un fascicul de lumină poate ajunge în zona joncțiunii, ale cărei regiuni *p* și *n* sînt impurificate astfel încît să genereze un curent prin circuit, în cazul polarizării inverse. Curentul invers este proporțional cu intensitatea fasciculului luminos, ceea ce permite utilizarea fotodiodelor în aparatura de măsurat a luminii, la realizarea traductoarelor utilizate în automatizări (bariere luminoase) etc. În funcție de materialul joncțiunilor, fotodiodele sînt sensibile la radiații infraroșii, roșii, galbene, verzi, violete și ultraviolete.

**Fotoelementele** (fig. 8.12, *d*) au o suprafață mult mai mare a joncțiunii și a suprafeței transparente a capsulei (chiar cîțiva cm²) decît fotodiodele. În momentul iluminării, zona joncțiunii începe să fie traversată de purtători, iar dacă între terminale este montat un rezistor, prin acesta începe să circule un curent, la borne asigurîndu-se o tensiune de ordinul zecimilor de volt.

Prin urmare, fotoelementele sînt surse de energie electrică, a cărei valoare (mică) este proporțională cu energia luminoasă ce cade pe joncțiune. Aceasta permite utilizarea fotoelementelor în aparatura de măsurat a luminii, la transformarea directă a energiei soarelui în energie electrică și în alte circuite de automatizare, sensibile la lumină.

**Diodele luminescente** (*LED*-uri) (fig. 8.12, *e*) sînt diode la care în zona joncțiunii se produc radiații infraroșii sau luminoase cînd dioda, polarizată în sens direct, este străbătută de un curent de cîțiva mA. În figura 8.13 sînt reprezentate cîteva variante constructive de diode luminescente : *simple* (fig. 8.13, *a*), cînd se folosesc cu succes în locul becurilor indicatoare, avînd culorile de roșu, galben, portocaliu și verde, gru-

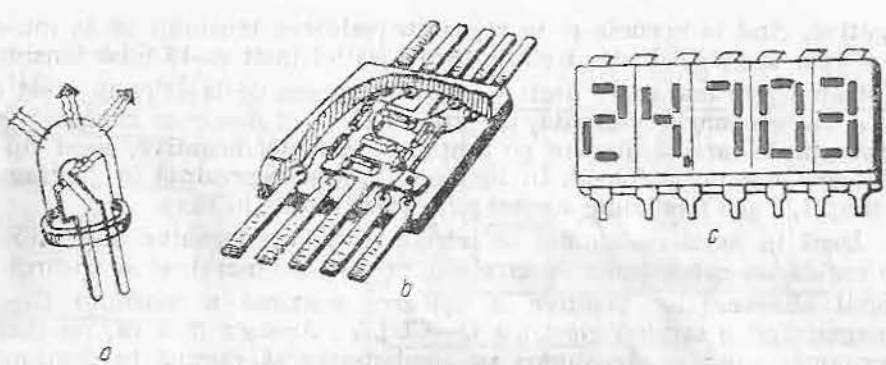



Fig. 8.13. Diode luminescente (variante constructive) :
a — simple ; b — grupate în 7 segmente ; c — bloc de afişaj numeric.

pate cîte 7 sau 8 şi formînd *elemente de 7 segmente* (fig. 8.13, *b*), utilizate în toate cazurile unde se cer afişaje numerice, avînd de regulă culoarea roşie. Pentru calculatoare, ceasuri, aparate de măsurat numerice cu mai multe cifre se utilizează *ansambluri de şapte segmente*, a căror comandă de „aprindere" se dă codificat (fig. 8.13, *c*).

**Optocuploarele electronice** (fig. 8.14) sînt formate dintr-o capsulă care are într-o parte o diodă *LED*, ce emite radiaţii infraroşii, iar în partea cealaltă o fotodiodă sau un fotoelement, sensibil la radiaţiile infraroşii emise de *LED*. Apariţia unui curent prin *LED* (deci o tensiune la intrarea optocuplorului) duce la emiterea de către acesta a unei radiaţii infraroşii ce, la rîndul ei, comandă elementul fotosensibil, care permite apariţia unui curent în circuitul său, la ieşire. Într-un anumit sens, optocuploarele pot fi considerate relee care au între circuitul de intrare şi cel de ieşire o separare galvanică perfectă, rezistenţa de izolaţie fiind de ordinul de mărime al izolatoarelor, iar tensiunea maximă dintre cele două circuite putînd depăşi 2 000 V.

În afara tipurilor de diode menţionate mai sus, există şi alte tipuri, cu aplicaţii mai restrînse, cum ar fi **diodele Schottky** (utilizate pentru comutări rapide) şi **diodele pentru microunde** *de tip tunel, Gunn şi IMPATT* care pot genera oscilaţii pînă la 300 GHz.

• **Circuite electronice cu diode semiconductoare.** În figura 8.15 se reprezintă cîteva scheme cu care, prin introducerea unor diode de redresare *D* se obţine de la reţeaua de curent industrial cu frecvenţa de 50 Hz curent pulsatoriu unidirecţional sau continuu cu o componentă variabilă, atunci cînd în schemă se introduce un condensator electrolitic de valoare mare, cu funcţie de filtrare (netezire) a tensiunii de la ieşire $U_e$.

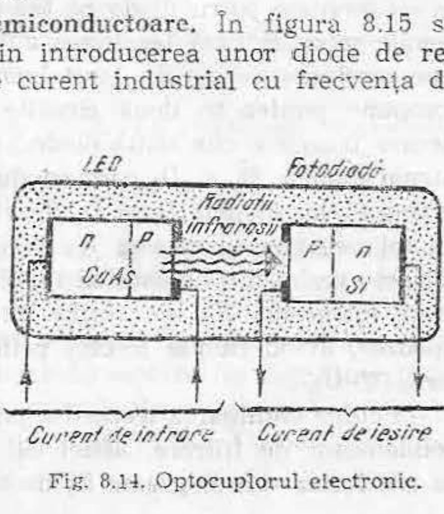



Fig. 8.14. Optocuplorul electronic.

Schema cea mai simplă (fig. 8.15, *a*) este **schema redresării monoalternanţă pe sarcină rezistivă**; dioda lasă să treacă curentul alternanţei pozitive (timp de 10 ms), după care se blochează pe timpul alternanţei

negative, cînd la bornele ei se regăsește valoarea tensiunii de la intrare. De aceea, alegerea diodei trebuie făcută astfel încît ea să aibă tensiunea de străpungere mai mare decît $U_{ef}\sqrt{2}$. Tensiunea de la ieșire în acest caz are o valoare medie coborîtă, de circa 0,45 $U_{ef}$; deoarece curentul prin rezistența de sarcină dispare pe timpul alternanței negative, acest tip de redresare este puțin folosit. În figura 8.15, *h* se reprezintă în diagramele de timp *1*, *2* și *3* tensiunile acestei scheme, variabile în timp.

Dacă în locul rezistenței se introduce un condensator (fig. 8.15, *b*) (de regulă un condensator electrolitic, de valoare mare), el se încarcă pe timpul alternanțelor pozitive la valoarea maximă a tensiunii $U_{ef}\sqrt{2}$ înmagazinînd o sarcină electrică $Q=CU_{max}$. Aceasta face ca, pe timpul alternanței negative, tensiunea pe condensator să rămînă în continuare pozitivă (diagrama *4*). În acest caz, pentru a nu se străpunge, dioda trebuie să reziste la o tensiune de străpungere inversă dublă ($U_{str}>2\sqrt{2}\,U_{ef}$).

În figura 8.15, *c* se reprezintă **schema redresării monoalternanță pe sarcină RC**, a cărei tensiune la ieșire (diagrama 5) nu mai trece prin zero; acest lucru se explică prin faptul că, pe timpul blocării diodei condensatorul se descarcă pe rezistență, sarcina sa asigurînd circulația curentului în continuare prin rezistență ($Q=It$). Deoarece prin scăderea sarcinii se micșorează și tensiunea la borne, tensiunea pe rezistență variază în timp; se spune că apare o componentă alternativă, nesinusoidală, caracterizată prin amplitudinea vîrf la vîrf $U_{vv}$, ce se suprapune peste componenta continuă $U_0$. În funcție de valoarea elementelor *RC*, tensiunea $U_0$ (măsurată cu voltmetrul de curent continuu) poate fi mai mare sau mai mică decît tensiunea $U_{ef}$. Pentru ca filtrarea să fie corespunzătoare, trebuie ca produsul 30 $RC\gg1$, unde *R* este mărimea rezistenței în ohmi, iar *C* este capacitatea condensatorului în farazi.

Se precizează că tensiunea $U_{vv}$ nu poate fi măsurată direct cu voltmetrul; ea se poate determina prin vizualizare pe ecranul osciloscopului.

Pentru o eficiență ridicată a redresării, se utilizează **schemele în punte** (în figura 8.15, *d* cu sarcină *R* și în figura 8.15, *g* cu sarcină *RC*), ce au montate patru diode pe laturile unui pătrat. La bornele unei diagonale se conectează tensiunea alternativă, iar la celelalte borne se obține tensiunea continuă. Acest lucru se poate ușor înțelege dacă se descompune puntea în două circuite de redresare monoalternanță, avînd fiecare înseriate cîte două diode: structura din figura 8.15, *e* cuprinde numai diodele $D_1$ și $D_3$ care conduc în timpul alternanței pozitive (diagrama 6), iar diodele $D_2$ și $D_4$ (fig. 8.15, *f*) conduc numai în timpul alternanței negative (diagrama 7). Prin modul de legare, circulația curentului prin rezistența de sarcină nu-și schimbă sensul, astfel că, prin însumare (diagrama *8*), se obține pe sarcină o tensiune pulsatorie fără „pauze", avînd numai treceri prin zero, a cărei valoare medie este circa 0,9 $U_{ef}$.

Pentru eliminarea trecerilor prin zero se introduce și în acest caz un condensator de filtrare, astfel că rezultă la ieșire o tensiune continuă ce are forma din diagrama *9*; deoarece condensatorul trebuie să asigure

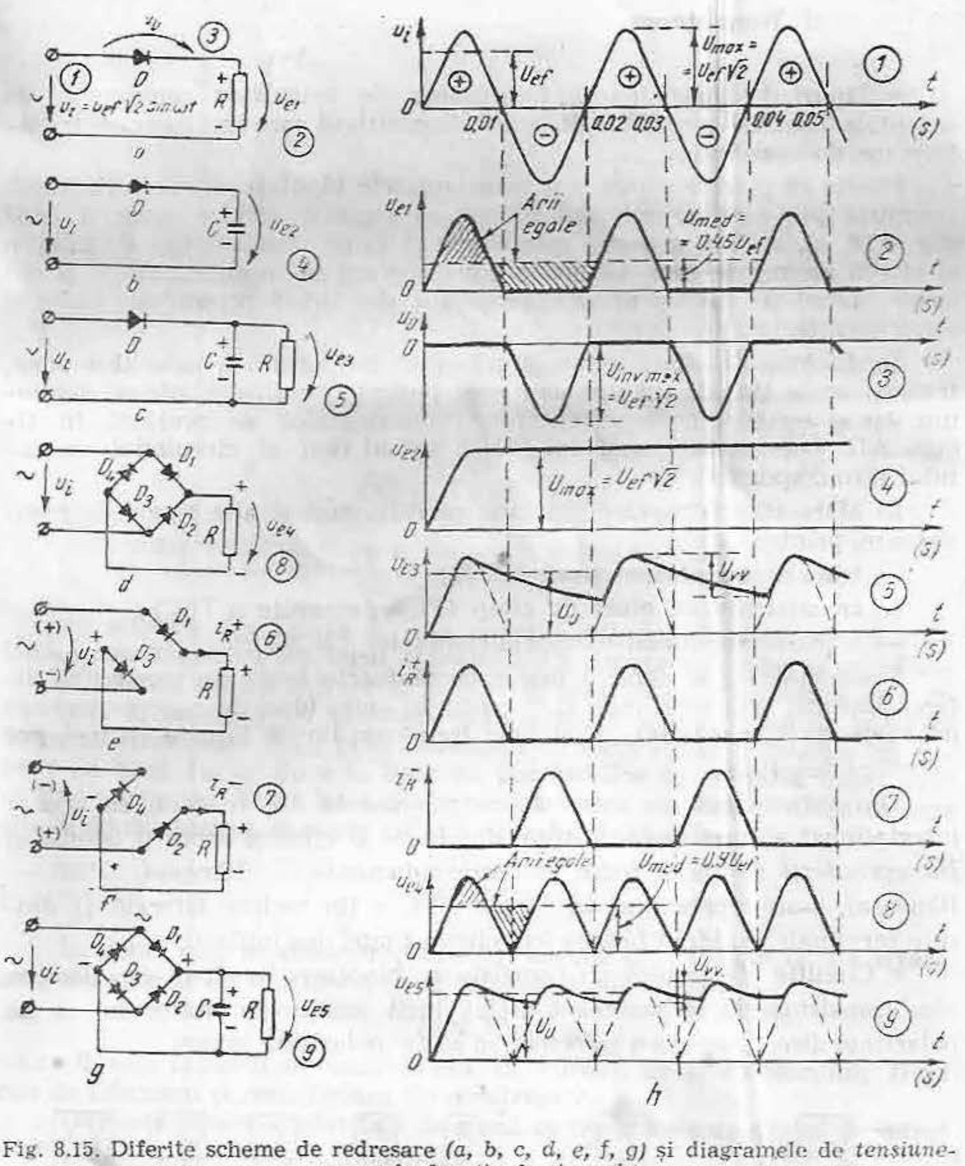


Fig. 8.15. Diferite scheme de redresare *(a, b, c, d, e, f, g)* și diagramele de *tensiune-curent* în funcție de *timp (h).*

un timp mult mai mic curent prin rezistență, la aceleași valori ale elementelor *RC*, valoarea vîrf la vîrf a tensiunii ondulatorii se micșorează de mai mult de trei ori.

Se menționează că atunci cînd sînt necesare tensiuni continue fără componentă pulsatorie se introduc noi condensatoare (se fac filtre *RC*), iar montajele se vor alimenta prin intermediul unor stabilizatoare, care elimină totodată și variațiile tensiunii de ieșire în cazul modificării, (în anumite limite) a tensiunii de alimentare.

## d. Tranzistoare

• **Tipuri de tranzistoare.** Denumirea de *tranzistor* provine de la cuvintele **TRAN**sfer-re**ZISTOR**, adică dispozitivul care realizează o transformare de rezistențe.

Foarte răspîndite astăzi sînt **tranzistoarele bipolare**, care conțin două joncțiuni *pn*, care delimitează o singură regiune subțire, numită *bază* (fig. 8.16, *a*), a cărei grosime este cuprinsă între cîteva zecimi de micron și cîteva zecimi de mm. Celelalte două regiuni se numesc *emitor* și *colector*, avînd același tip de conductivitate, dar avînd proprietăți fizice și electrice diferite.

În funcție de tipul semiconductorului ce formează cele trei zone, tranzistoarele sînt de tip *npn* sau *pnp*, putînd fi realizate atît cu germaniu, cît și cu siliciu. Reprezentarea tranzistoarelor se prezintă în figura 8.16, *b* (săgeata emitorului indică sensul real al circulației curentului prin dispozitiv).

În afara tranzistoarelor bipolare, se uitlizează și alte tipuri de tranzistoare, printre care :

— **tranzistoare unijoncțiune** (*TUJ*) ;

— **tranzistoare cu efect de cîmp** (*FET*, denumite și *TEC*) ;

— **tranzistoare metal-oxid-semiconductor** (*MOS*) etc.

Tranzistoarele se fabrică într-o gamă foarte largă de parametri, diferențiați atît prin tensiunile și curenții de lucru (deci de puterea pe care o pot disipa și comanda), cît și prin frecvența limită la care își mai pot îndeplini funcțiile.

Din gama largă de tranzistoare produse la noi în țară, ce poartă inscripționat alături de indicativul din litere și cifre și litera β (simbolul *Întreprinderii de piese radio și semiconductoare* — Băneasa, *IPRS* — Băneasa), s-au reprezentat în figura 8.16, c (în vedere laterală și dinspre terminale, cu identificarea lor) cîteva tipuri des întîlnite.

• **Circuite electronice cu tranzistoare bipolare.** În circuitele electronice tranzistoarele se montează astfel, încît joncțiunea emitorului să fie polarizată direct, iar cea a colectorului să fie polarizată invers.

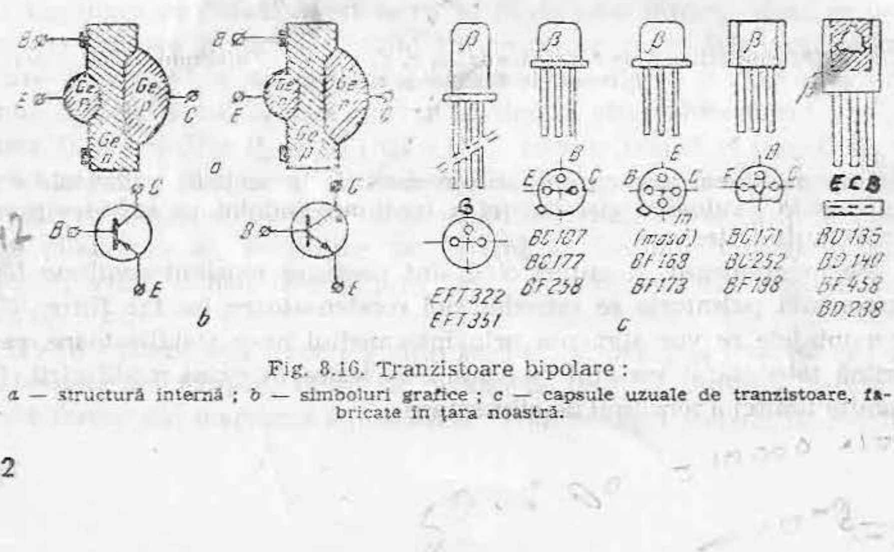



Fig. 8.16. Tranzistoare bipolare :

*a* — structură internă ; *b* — simboluri grafice ; *c* — capsule uzuale de tranzistoare, fabricate în țara noastră.

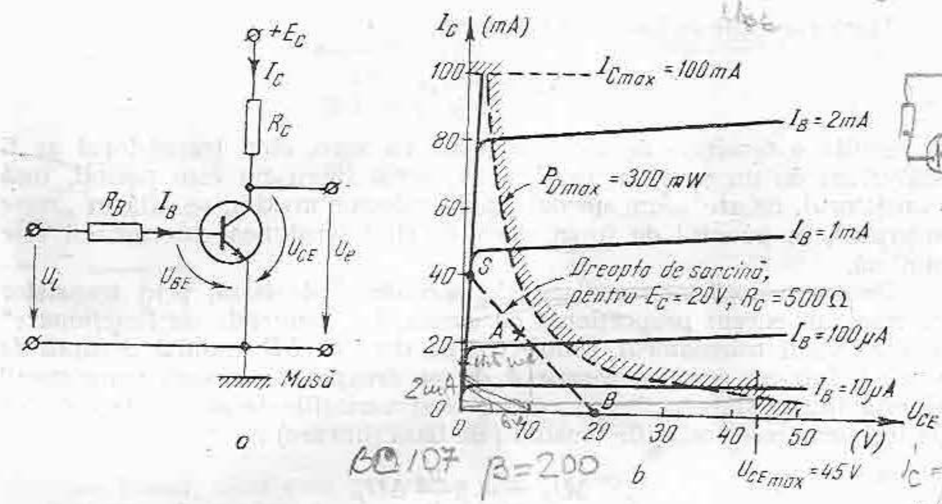



Fig. 8.17. Conectarea în montaj *EC* a unui tranzistor *npn* :
*a* — schema electrică ; *b* — diagrama *tensiune-curent* a funcționării sale.

În schema din figura 8.17, *a* tranzistorul de tip *npn* este montat într-o **conexiune cu emitorul comun** (*EC*), deoarece emitorul este electrodul comun dintre intrare și ieșire (se mai spune că schema este *cu emitorul la masă*). Prin aplicarea unei tensiuni pozitive față de masă la intrarea circuitului ($U_i$), prin rezistența de bază $R_B$ se stabilește un curent de bază $I_B$, ce duce la apariția purtătorilor în cristalul bazei. Neglijînd tensiunea dintre bază și emitor (care este cea a unei diode în sens direct de conducție), se poate calcula curentul de bază :

$$I_B = \frac{U_i}{R_B}.$$

În acest caz, în colector apare un curent de colector $I_C$, de cîteva zeci sau sute de ori mai mare, ce se calculează cu relația :

$$I_C \approx \beta I_B,$$

unde ß este factorul de amplificare în curent al tranzistorului, fiind dat de fabricant pentru fiecare tip constructiv.

Tensiunea colectorului față de masă se poate calcula destul de exact cu relația :

$$U_C = E_C - R_C I_C = E_C - R_C \beta I_B = E_C - \beta U_i \frac{R_C}{R_B},$$

unde $E_C$ este tensiunea sursei de alimentare.

Orice tranzistor are o serie de caracteristici de ieșire, în figura 8.17, *b* prezentîndu-se caracteristicile tranzistorului de tip *BC 107*, împreună cu limitările impuse în funcționare, în vederea nedepășirii unui curent, unei tensiuni și unei puteri maxime.

În lipsa curentului de bază, curentul de colector este nul, deci tranzistorul este echivalent cu un contact deschis ; se spune că el este *blocat*, iar tensiunea colectorului este egală cu tensiunea sursei de alimentare. În planul caractersiticilor, tranzistorul se află într-o *„stare blocată“* în punctul de funcționare *B*.

Dacă curentul de bază are valoarea:

$$I_B = \frac{E_C}{\beta R_C},$$

ar rezulta o tensiune de colector egală cu zero, cînd tranzistorul ar fi echivalent cu un scurtcircuit. Practic, acest lucru nu este posibil, însă tranzistorul, ce are acum un curent de colector maxim, se află în *„stare saturată"*, în punctul de funcționare S, cînd tensiunea colectorului este minimă.

Pentru valori intermediare ale curentului de bază, prin tranzistor va trece un curent proporțional cu acesta, iar *„punctele de funcționare"* în care va fi tranzistorul, unite, vor da dreapta *SB*, numită *dreaptă de sarcină*. Într-un punct oarecare *A* de pe dreapta de sarcină tranzistorul se află într-o stare activă normală, cînd variațiile tensiunii de colector (ieșire) urmăresc variațiile tensiunii de bază (intrare):

$$\Delta U_C = -\beta \frac{R_C}{R_B} \Delta U_i.$$

În această relație, semnul minus arată că la creșterea tensiunii la intrare tensiunea la ieșire scade și invers, ceea ce semnifică faptul că un tranzistor ce lucrează în regiunea activă a caracteristicii schimbă faza semnalului alternativ de la intrare cu 180°.

Dreapta de sarcină a oricărui tranzistor este fixată practic de tensiunea de alimentare și rezistența de colector; trebuie luate precauții, pentru ca aceasta să se afle totdeauna sub hiperbola puterii disipate pe tranzistor:

$$P_D = U_C I_C.$$

În circuitele electronice utilizate în automatizări secvențiale, în circuite logice, de codificare și decodificare, de calcul etc. tranzistoarele se utilizează în *regim de comutație*, cînd tranzistorul comută foarte rapid din punctul *S* în punctul *B* și invers, iar în marea majoritate a circuitelor electronice folosite în telecomunicații, radio și televiziune tranzistoarele lucrează în zona de mijloc a dreptei de sarcină.

### e. Dispozitive semiconductoare cu mai mult de două joncțiuni

Aceste dispozitive au o structură de tip *pnpn*. Această structură le conferă o serie de proprietăți calitative deosebite, care permit funcționarea acestor dispozitive la tensiuni și curenți mari și foarte mari, în curent continuu sau alternativ. Cele mai des întîlnite sînt *tiristorul*, *triacul* și *diacul*.

• **Tiristorul.** În figura 8.18, *a* se reprezintă schematic construcția unui tiristor. El are trei joncțiuni *pn*: $J_1$, $J_2$, $J_3$ și trei electrozi: *anod*, *catod* și un electrod de comandă numit *poartă* sau *grilă*.

În schemele electrice tiristorul se poate afla în următoarele stări:

— *blocat*, cînd este polarizat invers (anodul negativ și catodul pozitiv). Joncțiunile $J_1$ și $J_3$ fiind polarizate invers, curentul invers ce se stabilește prin circuit este extrem de mic, practic neglijabil; acest curent este independent de tensiunea aplicată pe poartă;

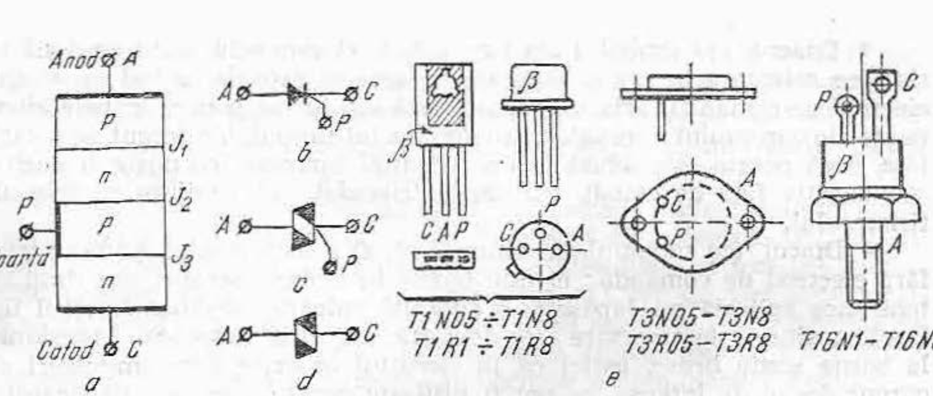



Fig. 8.18. Dispozitive semiconductoare cu patru straturi :
*a* — structură internă ; *b* — simbolul tiristorului ; *c* — simbolul triacului ; *d* — simbolul diacului ; *e* — capsule uzuale de tiristoare fabricate în țara noastră.

— *blocat,* cînd este polarizat direct (anodul pozitiv și catodul negativ), iar electrodul de comandă este la potențial negativ sau egal cu zero față de catod. În acest caz joncțiunea $J_2$ este polarizată invers, deci și în acest caz tiristorul este blocat, curentul direct fiind foarte mic ;

— *în conducție,* cînd este polarizat direct și pe elctrodul de comandă se aplică o tensiune pozitivă față de catod. Prin polarizarea directă a joncțiunii $J_2$ are loc „deschiderea“ tiristorului, astfel că tensiunea anod-catod scade la circa 1 V. Tiristorul, amorsat printr-o comandă, rămîne în continuare deschis și dacă tensiunea pe poartă se anulează ; aceasta se datorează „inundării“ cu purtători a spațiului dintre anod și catod, care elimină practic barierele de potențial ale joncțiunilor. Starea de conducție se menține pînă cînd se întrerupe circuitul exterior (dispar purtătorii și se regenerează barierele de potențial), se inversează polaritatea instantanee a tensiunii aplicate, sau se micșorează curentul direct prin tiristor sub o anumită limită inferioară, cînd cîmpul purtătorilor este depășit de cel al joncțiunilor.

În scheme, tiristorul se reprezintă cu simbolul din figura 8.18, *b*. Tiristoarele se utilizează la reglarea puterii în curent continuu sau alternativ (prin redresare controlată în fază, ceea ce justifică denumirea de *diodă comandată* dată uneori tiristorului), în construcția invertoarelor (care transformă curentul continuu în curent alternativ industrial), la realizarea contactoarelor statice etc.

În figura 8.18, *e* se reprezintă cîteva tipuri de capsule ale unor tiristoare românești, mai des întîlnite. Marcarea tiristoarelor se face conform unui cod, astfel că se cunosc rapid principalele performanțe : *T* înseamnă tiristor, primul număr indică numărul de amperi ce pot trece prin dispozitiv, *N* sau *R* precizează timpii de comunicație (normali sau rapizi), iar ultimul număr arată cîte sute de volți admite tiristorul fără străpungere.

Deși în timpul conducției tensiunea la borne este mică, totuși tiristoarele de putere (ce conduc de la 3 A în sus) se încălzesc în timpul funcționării. Pentru a nu se supraîncălzi, anodul este legat electric la carcasa metalică a capsulei, care este prevăzută și cu posibilități de montare pe radiatoare.

• **Triacul** (cu simbolul din figura 8.18, c) este echivalent cu două tiristoare orientate invers și montate în aceeași capsulă, avînd un singur electrod de comandă. Triacul funcționează sau blocat pentru ambele alternanțe ale curentului alternativ, sau deschis tot timpul, indiferent de polaritate, dacă poarta este adusă la un potențial oarecare (ce poate fi pozitiv sau negativ față de catod). Utilizările triacului sînt similare cu cele ale tiristorului.

• **Diacul** (cu simbolul din figura 8.18, *d*) constă practic dintr-un triac fără electrod de comandă ; el este blocat în ambele sensuri atît timp cît tensiunea aplicată nu depășește o anumită valoare, specifică fiecărui tip. Dacă tensiunea de amorsare este depășită, diacul se deschide și tensiunea la borne scade brusc, astfel că în circuitul exterior apar impulsuri de curent destul de intense, ce pot fi utilizate pentru comanda tiristoarelor sau triacurilor.

### 3. TEHNOLOGIA CABLĂRII CIRCUITELOR ELECTRONICE

**Cablarea unui circuit electronic** constă în *realizarea legăturilor electrice între părțile sale componente* (piese, subansambluri etc.).

Subansamblurile se realizează prin lipirea directă a terminalelor componentelor direct între ele, prin intermediul unor conductoare discrete *(montaje convenționale)*, sau prin lipirea componentelor pe *cablaje (circuite) imprimate*. La rîndul lor, subansamblurile, conținute pe un cadru sertar sau șasiu sînt conectate între ele prin alte elemente de legătură : conductoare lipite sau înfășurate foarte strîns, conectoare sau mufe, reglete cu șurub etc.

#### a. Lipirea

**Lipirea** este operația de îmbinare a două sau mai multe piese metalice între ele, la cald, cu ajutorul unui material de adaos, în stare topită, numit *aliaj de lipit*. Lipirea componentelor trebuie să asigure atît o rigiditate mecanică corespunzătoare, cît și o rezistență electrică extrem de mică (practic nulă).

Lipirea se poate face *manual*, cu ciocane electrice de lipit (avînd puteri între 15 și 200 W), sau *automat*, în băi speciale de lipire (în producția de mare serie, industrială).

Înainte de executarea unei lipituri, suprafața pieselor ce urmează a fi lipite se curăță (cu un cuțit sau cu hîrtie abrazivă fină) de izolație, email, oxizi sau alte impurități, pînă cînd suprafețele sînt strălucitoare.

Apoi, suprafețele curățate se protejează împotriva oxidării sau coroziunii cu decapanți. Decapantul cel mai utilizat este colofoniul (sacîzul). El se folosește fie în stare naturală (solidă), fie în soluții de alcool. Colofoniul aderă cu ușurință pe suprafețele ce urmează să fie lipite, deoarece se înmoaie între 50 și 80°C și devine lichid la 125°C. Pe suprafețele încălzite pe care se află, colofoniul creează o peliculă protectoare care îmbunătățește umezirea lor de aliajul de lipit în stare topită, asigurînd o bună cositorire a pieselor.

Aliajul de lipit este o compoziție, în anumite procente, de cositor și plumb, cu punct de topire scăzut (circa 200°C), care are o bună fluiditate la temperatura de topire și o bună aderență la suprafețele de lipit

curate, decapate și avînd aceeași temperatură cu aliajul de lipit. Pentru a se mări operativitatea executării lipiturilor, se utilizează *cositorul fludor*. El se prezintă sub forma unui conductor din aliaj de lipit, avînd între 1 și 5 mm diametru și fiind prevăzut cu unul sau mai multe canale interioare ce sînt umplute cu decapant.

Ciocanul de lipit trebuie să fie bine încălzit, vîrful său din cupru trebuind să aibă o culoare vișinie închisă și să fie cositorit. Un vîrf insuficient încălzit nu topește bine aliajul de lipit (care se înmoaie numai, avînd o structură amorfă și o culoare gri-mată), iar un vîrf supraîncălzit se oxidează și nu poate fi utilizat, cositorul neaderînd pe suprafața sa.

Înainte de lipirea propriu-zisă a pieselor, suprafețele ce vor fi lipite sînt cositorite în prealabil (marea majoritate a terminalelor componentelor electronice sînt cositorite în procesul de fabricație).

Lipirea propriu-zisă se face într-un timp scurt (1—2 s), pentru ca temperatura ridicată a lipiturii să nu se transmită componentelor. Suprafețele cositorite se suprapun cîțiva milimetri, se fixează mecanic (se țin cu o pensetă, cu mîna, sau în alt mod), se pun în contact cu vîrful ciocanului de lipit, care în prealabil a fost cositorit. Cînd suprafața pieselor a ajuns la temperatura de topire, se adaugă puțin fludor, care, topindu-se, aderă instantaneu la suprafață și, datorită forțelor de tensiune superficială, „îmbracă" zona, formînd un corp geometric de forma unei picături alungite (dacă s-au lipit conductoare), sau un mic con (dacă s-a lipit un conductor la o suprafață mai mare). Se îndepărtează rapid vîrful ciocanului de lipit și se ține lipitura nemișcată cîteva secunde, pînă ce aliajul se solidifică, suprafața sa exterioară avînd o culoare argintie, strălucitoare.

O lipitură bună are puțin cositor, care „îmbracă" aderent piesele puse în contact. Dacă se pune mult aliaj, acesta se va răci foarte greu, iar mișcarea involuntară a pieselor duce la solidificarea imediată prin cristalizare a aliajului; în acest caz, suprafața lipiturii are culoare gri-mat, lipitura este „rece", ea avînd o rezistență electrică ridicată, care va duce foarte curînd la defectarea circuitului prin întrerupere.

## 2. CABLAJE IMPRIMATE

Un **cablaj imprimat** cuprinde un sistem de conductoare plate așezate în 1, 2 sau mai multe plane paralele, fixate (lipite) pe un suport izolant rigid sau flexibil. După numărul de plane în care se află conductoarele, există *cablaje imprimate simple (mono), duble* sau *multistrat.*

În figura 8.19 se reprezintă cîteva exemple, de cablaje imprimate. Conductorul propriu-zis este o folie de cupru (placat), cu o grosime de

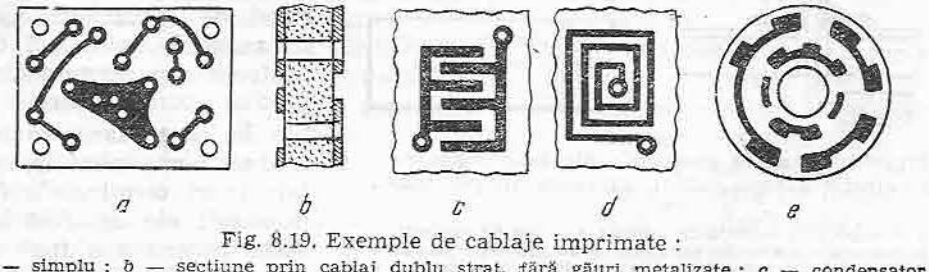



Fig. 8.19. Exemple de cablaje imprimate :
*a* — simplu ; *b* — secțiune prin cablaj dublu strat, fără găuri metalizate ; *c* — condensator imprimat ; *d* — bobină imprimată ; *e* — element de comutator rotativ.

0,035—0,105 mm, lipit sau presat pe un suport izolant, grosimea semifabricatului fiind cuprinsă între 0,65 şi 3 mm.

Pentru realizarea unui cablaj imprimat, se face întîi desenul acestuia, pornind de la schema electrică, ţinînd seamă de următoarele recomandări :

— amplasarea componentelor trebuie să fie cît mai judicioasă, axele lor fiind paralele cu marginile plăcii cablajului ;

— conexiunile dintre componente trebuie să fie cît mai scurte ;

— traseele conductoarelor trebuie să aibă o lăţime de minimum 0,6 mm, iar cele parcurse de curenţi mari trebuie să fie mai late (circa 1 mm pentru fiecare amper) ;

— între trasee se lasă un spaţiu de circa 0,5—1 mm ;

— poziţiile găurilor se aşază în nodurile unei reţele de coordonate (rastru), avînd pasul normalizat la 2,5 mm ;

— se evită utilizarea traseelor paralele lungi, ce dau naştere la capacităţi parazite ;

— pastilele metalice din jurul găurilor trebuie să aibă un diametru cu circa 2 mm sau mai mare decît cel al orificiului, pentru o aderare suficientă a aliajului de lipit.

După realizarea desenului, se face transpunerea lui pe suprafaţa foliei de cupru, imprimarea făcîndu-se prin *procedee fotografice* (la serii mari) sau *serigrafice* : viitoarele conductoare sînt acum acoperite cu un lac sau o vopsea rezistentă la acizi (fig. 8.20). După uscare, se face corodarea în băi cu soluţii acide (cel mai des se utilizează clorura ferică), care în cîteva minute atacă şi înlătură cuprul neprotejat.

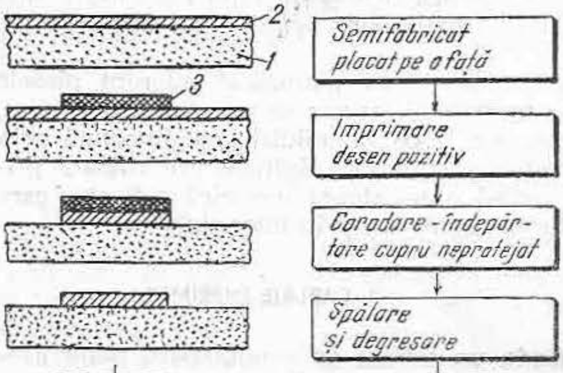



Fig. 8.20. Etapele principale ale tehnologiei de fabricaţie a unui cablaj imprimat simplu placat :

1 — suport ; 2 — folie de cupru ; 3 — lac de protecţie la coroziune ; 4 — lac decapant şi de protecţie la oxidare ; 5 — cositor (lipitură cu fludor) ; 6 — componentă cu terminale îndoite.

Placa se spală bine pentru înlăturarea agentului corodant şi a produşilor de corodare, apoi se înlătură cerneala protectoare prin spălare cu un diluant potrivit şi se execută diversele prelucrări mecanice : găuriri, tăieri, decupări etc.

Pentru evitarea oxidării suprafeţei conductorului de cupru, cablajul se acoperă cu lacuri de protecţie care servesc şi ca fondanţi pentru lipire.

În continuare, se introduc componentele, se taie scurt terminalele (în prealabil ele au fost îndoite pentru a ajunge în dreptul orificiilor), iar în

final se lipesc cu aliaj de lipit terminalele de placat. Lipirea trebuie să se facă rapid și precis, deoarece lipituri repetate sau îndelungate, datorită solicitării termice a liantului, duc la exfolierea placatului și distrugerea cablajului imprimat.

În cazul realizării cablajelor dublu strat, se execută două desene, unul pentru față, altul pentru spate, care se vor suprapune perfect în dreptul găurilor comune. În acest scop, se prevăd puncte (găuri de ghidare), iar inițial desenul se face în două sau trei culori : roșu pentru față, albastru pentru spate și negru la punctele comune.

Pentru partea neplacată, pe care sînt montate piesele, se face un desen suplimentar, pentru localizarea componentelor ; ele se reprezintă schematic și se însoțesc de reperele din schema electrică, făcîndu-se cînd este cazul, precizări referitoare la sensul de montare (plusul de la condensatoarele electrolitice, anodul sau catodul diodelor, electrozii tranzistoarelor, poziția cheii circuitelor integrate etc.).

## C. CIRCUITE INTEGRATE

**Circuitele integrate** reprezintă o etapă superioară în realizarea circuitelor electronice, la care toate elementele componente, inclusiv interconexiunile dintre ele, sînt realizate simultan, într-un unic proces de producție (în care se utilizează în principal tehnici planare) pe un singur cristal de siliciu, cunoscut sub denumirea de *cip*.

### 1. TEHNOLOGIA DE FABRICAȚIE

În funcție de complexitatea lor, circuitele integrate se fabrică simultan cîte 80—1 600, toate fiind amplasate pe o pastilă de siliciu, cu diametrul de cîțiva centimetri și cu grosimea de numai cîteva zecimi de milimetru.

• În procesul tehnologic de fabricare a circuitelor integrate, se utilizează **procedee speciale,** dintre care mai importante sînt *epitaxia, fotolitografia* și *difuzia controlată.*

**Epitaxia** este procesul fizico-chimic de creștere a unui strat monocristalin pe un suport de asemenea cristalin. În esență, procesul de epitaxie constă în transportul atomilor dintr-o fază solidă, lichidă sau gazoasă pe suprafața unui suport monocristalin și ocuparea de către aceștia a unor poziții ordonate, astfel ca stratul ce se creează (de zeci de microni grosime) să continue structura cristalină a substratului.

**Fotolitografia** constă dintr-o serie de procese fizico-chimice care au drept scop formarea la suprafața unei plachete de siliciu a unui strat protector cu o configurație corespunzătoare elementelor discrete ale circuitului integrat. În acest scop, pastila de siliciu este oxidată ($SiO_2$ are proprietăți dielectrice și se înlătură ușor prin coroziune cu acid fluorhidric), iar peste stratul de oxid se aplică un strat subțire de *fotorezist.* Fotorezistul este un material solubil în condiții normale, dar insolubil dacă a fost expus la radiații ultraviolete. Pentru crearea de ferestre în stratul de oxid (prin care se face difuzie), se așază peste pastila dată cu fotorezist

o foaie de mascare, ce are un desen cu suprafețe transparente și opace. Prin expunere au loc impresionări parțiale, astfel că, după developare, la suprafața unei plachete de siliciu oxidat se obțin zone neprotejate (ferestre).

Prin **difuzie** se înțelege transportul de substanță (atomi sau molecule) determinat de mișcarea termică a atomilor rețelei cristaline a semiconductorului, în direcția descreșterii concentrației substanței ce difuzează. Grosimea de difuzie depinde atît de temperatura la care are loc procesul, cît și de durata lui; aceasta permite să se realizeze straturi (regiuni) semiconductoare cu anumite grade de impurificare și cu anumite dimensiuni (ce uneori au grosimi de cîțiva microni) **(difuzie controlată)**.

• În figura 8.21 se reprezintă schematic **principalele etape de realizare a structurii unui circuit integrat** ce trebuie să aibă o schemă electrică dată.

Fabricarea începe cu șlefuirea cît mai perfectă a pastilei de siliciu și îndepărtarea tuturor impurităților. Urmează o creștere epitaxială a unui strat de siliciu cu impurități donoare și oxidarea suprafeței.

Prin fotolitografie se creează ferestre în stratul de oxid, astfel că printr-o primă difuzie cu bor se creează insule de regiuni tip *n* (cîte una pentru fiecare element constructiv : condensator, tranzistor, rezistor), izolarea între regiuni asigurînd-o joncțiunea *pn* ce apare; pentru ca izolarea să fie cît mai bună, polarizările elementelor trebuie să se facă într-o ordine crescătoare, impunîndu-se restricții asupra mărimii tensiunilor aplicate.

După o primă difuzie, urmează o nouă oxidare a întregii suprafețe, apoi crearea de noi ferestre în oxid, apoi din nou difuzie, procedeul repetîndu-se pînă ce se creează toate zonele ce asigură funcționalitatea structurii.

Urmează o ultimă oxidare, în suprafața căreia se practică un număr destul de mare de ferestre, care se metalizează prin depunere de aluminiu ; după metalizare, unele conexiuni se interconectează între ele, iar altele sînt pregătite pentru conectarea la terminale.

Fabricarea simultană și pe o suprafață redusă a tuturor elementelor circuitului integrat asigură identitatea caracteristicilor lor, atît din punctul de vedere electric, cît și termic. În plus, se asigură o mare fiabilitate, procesul tehnologic fiind automatizat și controlat.

După terminarea procesului de metalizare, pastila de siliciu se taie în fragmente de ordinul milimetrilor pătrați (cip), iar fiecare cip, după testare, este apt pentru îndeplinirea anumitor funcții.

## 2. TIPURI DE CIRCUITE INTEGRATE

După funcția pe care o îndeplinesc într-un montaj, circuitele integrate pot fi *liniare sau digitale (logice)*. Ele sînt livrate de fabricant capsulate și marcate; capsulele pot fi metalice, din material plastic sau ceramic, cu 6—40 terminale dispuse în cerc sau pe două rînduri și cu o cheie de la care începe numerotarea.

• **Circuitele integrate liniare** sau **analogice** modifică sau generează semnale continue în timp ca amplitudine, polaritate sau frecvență, pentru a se obține funcțiunile de amplificare, stabilizare, modulare și de-

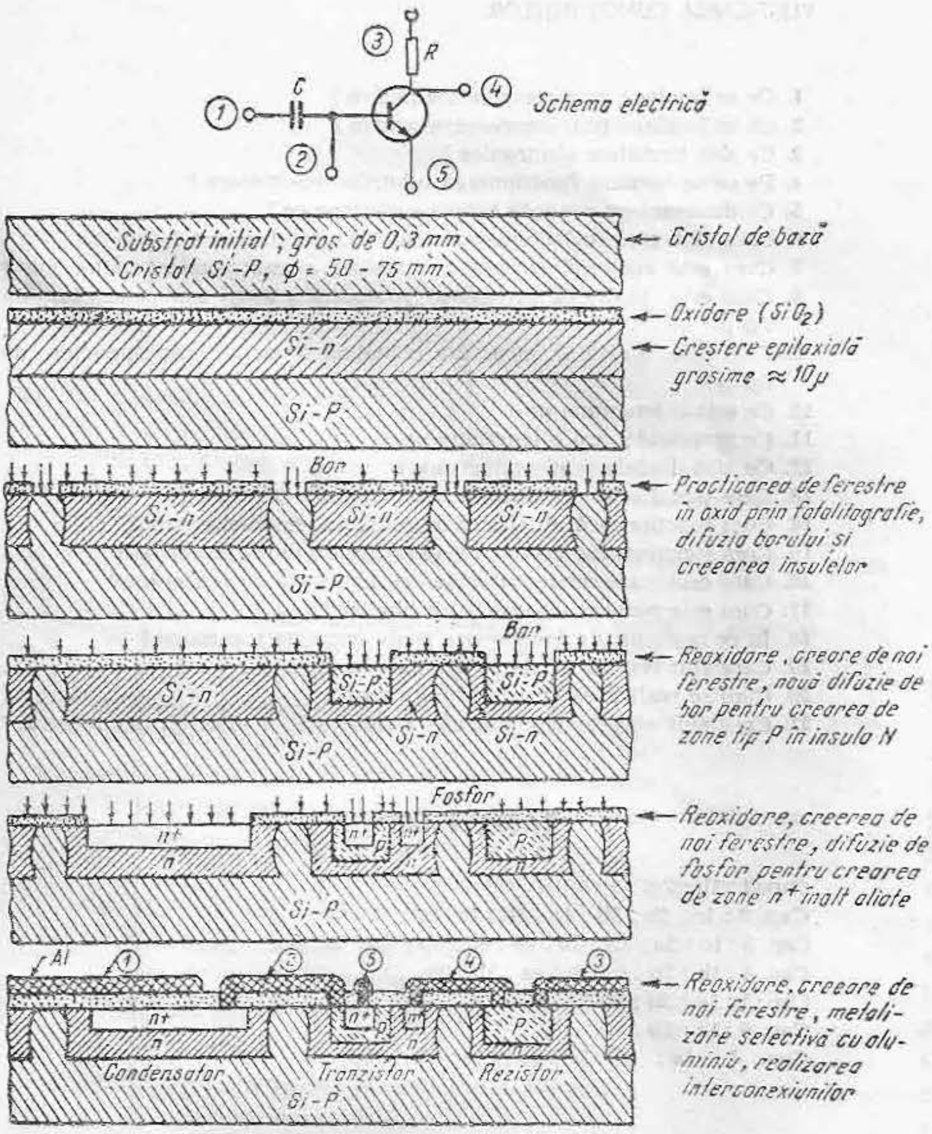



Fig. 8.21. Tehnologia de fabricație a unui circuit integrat monolitic.

modulare, limitare, control automat al amplificării etc. Ele au o mare răspîndire în telecomunicații, radio și televiziune.

• **Circuitele integrate digitale** sau **logice** prelucrează semnale electrice ce pot avea numai două valori (semnale binare), pentru a se obține funcțiunile logice, de calcul, de memorare, de programare etc.

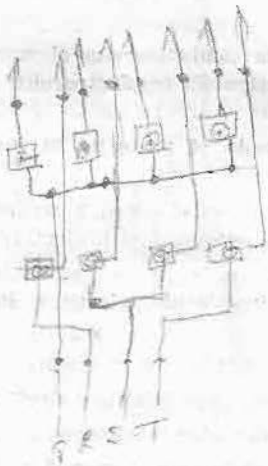
O realizare de vîrf a circuitelor integrate digitale o constituie **microprocesoarele.** Acestea, avînd circa $10^5$ componente/cip constituie părți esențiale ale tuturor sistemelor moderne de calcul și de prelucrare a informației.

1. Ce se înţelege prin componente pasive ?
2. Ce se înţelege prin componente active ?
3. Ce sînt circuitele electronice ?
4. Pe ce se bazează funcţionarea tuburilor electronice ?
5. Ce dezavantaje prezintă tuburile electronice ?
6. Care sînt proprietăţile materialelor semiconductoare ?
7. Cum este alcătuită structura cristalină a unui semiconductor pur ?
8. Cum este alcătuită structura cirstalină a unui semiconductor de tip *p* ?
9. Cum este alcătuită structura cristalină a unui semiconductor de tip *p* ?
10. Ce este o joncţiune *pn* ?
11. Ce proprietăţi are o joncţiune *pn* ?
12. Ce sînt diodele semiconductoare ?
13. Care sînt diodele semiconductoare mai des utilizate ?
14. Cum funcţionează un circuit de redresare monoalternanţă ?
15. Cum funcţionează un circuit de redresare dublă alternanţă ?
16. Care este rolul condensatorului în montajele de redresare ?
17. Cum este realizat un tranzistor bipolar ?
18. În ce regimuri de funcţionare poate lucra un tranzistor ?
19. Care sînt regimurile de funcţionare ale tiristoarelor ?
20. Cum se realizează un cablaj imprimat ?
21. Care sînt etapele tehnologiei de fabricaţie a unui circuit integrat ?

## RASPUNSURI

Cap. 1 : 1b ; 2c.
Cap. 2 : 1c ; 2b ; 3b ; 4b ; 5b ; 6a, b.
Cap. 3 : 1c ; 2a ; 3b ; 3a ; 4a ; 4c ; 5b ; 6b ; 7a ; 8a.
Cap. 4 : 1b ; 2b ; c ; 3b ; 4a ; 5b ; 6b.
Cap. 5 : 1a ; 2b ; 4b.
Cap. 6 : 1a ; 2b ; 3a.
Cap. 7 : 1a ; 2a, b ; 3a ; 4a ; 5 ; NU.

# CUPRINS



*Coli de tipar 7.750. B.T. 11.I.1984*
*Format 16/70×100. Apărut 1984.*

*I. P. „Oltenia“ Craiova*
*Str. M. Viteazul, nr. 4*
*Republica Socialistă România*
*Plan 17008/327/1983*